

UNIVERZITA KARLOVA
Přírodovědecká fakulta
katedra fyzické geografie a geoekologie

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Fyzická geografie a geoekologie



Bc. Hana Klášterková

Současný stav vegetace v nivě Sázavy po jarní povodni v roce 2006

Current state of vegetation in the Sázava River floodplain after spring flood in 2006

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Tomáš Chuman, Ph.D.

Praha 2020

Zadání diplomové práce

Název práce

Současný stav vegetace v nivě Sázavy po jarní povodni v roce 2006

Current state of vegetation in the Sázava River floodplain after spring flood in 2006

Cíle práce

Cílem je popsat vývoj vegetačních společenstev, porovnat trajektorie sukcese, diverzitu a druhové složení vegetace v nivě Sázavy postižené jarní povodní v roce 2006 na místech, kde došlo k usazení náplavů a mimo ně, v úseku mezi Sázavou a Poříčím nad Sázavou.

V souvislosti s cílem práce byly stanoveny následující otázky:

- 1) Liší se plochy s náplavem a plochy bez náplavu druhovým složením?*
- 2) Liší se plochy s náplavem a plochy bez náplavu druhovou diverzitou vyšších rostlin?*
- 3) Liší se plochy s náplavem a plochy bez náplavu počtem nepůvodních druhů vyšších rostlin?*
- 4) Liší se plochy s náplavem a plochy bez náplavu počtem invazních druhů vyšších rostlin?*

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

V rešeršní části práce představí vliv povodní na dynamiku vegetace v nivě. Ve zkoumaném úseku vodního toku Sázavy mezi Sázavou a Poříčím nad Sázavou proběhne sběr fytocenologických snímků spontánně se vyvíjející vegetace na náplavech a mimo náplavy. Snímky budou vyhodnoceny pomocí vhodných statistických metod.

Datum zadání:

Jméno studenta: Bc. Hana Klášterková

Podpis studenta:

Jméno vedoucího práce: RNDr. Tomáš Chuman, Ph.D.

Podpis vedoucího práce:

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 14. srpna 2020

Podpis

Poděkování

Na tomto místě patří poděkování zejména vedoucímu práce *RNDr. Tomášovi Chumanovi, Ph.D.* za značnou trpělivost, odborné rady, postřehy a dohled nad zpracováním této diplomové práce. Dostatečně vyjádřit své díky nemohu *tátovi a Heleně*. Díky nim jsem měla během celého svého studia zázemí, které mi umožnilo studovat to, co mě baví a naplňuje, a co jsem mohla přijmout za svůj takřka životní styl. Nad to bylo studium geografie úžasnou životní etapou, která navždycky změnila můj pohled na svět. Nekonečně mockrát vám děkuju! Poděkování patří také všem, kteří pomáhali s určováním nalezených druhů rostlin, botanickým nadšencům, a svému *přítelovi Davidovi* navíc ještě za úžasnou podporu a nekonečné povzbuzování v nelehkých časech jara roku 2020.

Abstrakt

V rámci diplomové práce byl na dolním toku Sázavy analyzován stávající stav vegetace po extrémní jarní povodni v roce 2006. Důsledkem tehdejší povodňové události byl v nivě mj. vznik 38 různě mocných náplavů. Sběr dat probíhal tradiční metodou fytocenologického snímkování, vždy pro dvojici ploch – plochu mimo náplav a plochu s náplavem. V zájmovém území bylo zaznamenáno celkem 86 druhů vyšších rostlin, z nichž 10 je nepůvodních neinvazních druhů a 7 nepůvodních invazních druhů. Užitím analýz a statistickým testováním byly mezi plochami s náplavem a plochami bez náplavu porovnávány následující ukazatele: druhové složení, druhová diverzita, diverzita nepůvodních druhů a výskyt invazních druhů. Výsledky práce prokázaly, že se druhové složení mezi plochami s náplavem a plochami bez náplavu statisticky průkazně liší, stejně jako diverzita invazních druhů.

Klíčová slova: sukcese vegetace, říční niva, extrémní povodně, druhová diverzita, rostlinné invaze

Abstract

In this diploma thesis current state of vegetation cover was analyzed after spring flood in 2006 on the lower section of the Sázava river. Immediately after the flood there were 38 sites with alluvial deposits identified in the floodplain. The differences in species composition and species diversity between sites with alluvial deposits and sites without deposits were analyzed. The data were collected by using phytosociological relevés in pairs i.e. – plot with an alluvial deposit and plot without. There were 86 vascular plant species recorded out of which 10 species were non-native but not invasive species and 7 species were non-native invasive species. Results of this thesis revealed that species composition and diversity of invasive species differ between plots with alluvial deposits and plots without alluvial deposits. Moreover, plots without alluvial deposits host more invasive species.

Keywords: vegetation succession, river floodplain, extreme floods, species diversity, plant invasion

1 ÚVOD.....	9
2 ŘÍČNÍ NIVA.....	10
2.1 DEFINICE ŘÍČNÍ NIVY.....	10
2.2 VYMEZENÍ ŘÍČNÍ NIVY	11
2.3 VÝVOJ A HISTORIE ŘÍČNÍ NIVY	13
2.4 POVODNĚ.....	15
3 VEGETACE V ŘÍČNÍ NIVĚ.....	17
3.1 DYNAMIKA VEGETACE V NIVĚ	17
3.1.1 Povodně	18
3.1.2 Sukcese	20
3.1.3 Invazní druhy	22
3.2 SUKCESE VEGETACE PO POVODŇOVÝCH DISTURBANCÍCH	24
3.2.1 Překrytí povodňovým sedimentem	25
3.2.2 Erozní tvary	25
3.2.3 Akumulační tvary.....	26
4 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	27
4.1 GEOLOGICKÁ STAVBA.....	27
4.2 GEOMORFOLOGICKÉ POMĚRY	29
4.3 KLIMATICKÉ POMĚRY	29
4.4 HYDROLOGICKÉ POMĚRY	30
4.4.1 Povodně na Sázavě	31
4.4.2 Povodeň na jaře 2006.....	32
4.5 PŮDNÍ POMĚRY A BIOTA.....	37
5 METODIKA	41
5.1 POŘÍZENÍ DAT	41
5.1.1 Sběr dat.....	42
5.2 DRUHOVÁ DIVERZITA.....	43
5.3 DRUHOVÉ SLOŽENÍ.....	44
5.4 NEPŮVODNÍ DRUHY	44
5.5 STRUKTURA POROSTŮ	45
6 VÝSLEDKY.....	46
6.1 VHODNOST PLOCH.....	46
6.2 DRUHOVÁ DIVERZITA.....	48
6.3 DRUHOVÉ SLOŽENÍ.....	50

6.4 NEPŮVODNÍ A INVAZNÍ DRUHY	56
6.5 STRUKTURA POROSTŮ	58
7 DISKUSE	63
7.1 DRUHOVÉ SLOŽENÍ A DIVERZITA	63
7.3 NEPŮVODNÍ A INVAZNÍ DRUHY	66
7.4 STRUKTURA POROSTŮ	68
8 ZÁVĚR.....	69
9 POUŽITÁ LITERATURA	70
PŘÍLOHY	76

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1. Charakteristická sekvence fluviálních tvarů v údolí vodního toku.	18
Obrázek 2. Vliv záplav na vegetaci údolních niv.	20
Obrázek 3. Intenzita rostlinných invazí na území Česka.	23
Obrázek 4. Zájmové území, chráněná území a jejich poloha v rámci Česka.....	27
Obrázek 5. Geologické poměry v okolí zájmového úseku Sázavy	28
Obrázek 6. Přehled klimatických podoblastí na území Česka.	30
Obrázek 7. Hydrologické poměry v zájmovém území	31
Obrázek 8. Vývoj povodňové vlny na Sázavě pod soutokem s Želivkou na profilech Kácov a Nespeky	33
Obrázek 9. Jedna z lagun vzniklých během jarní povodně v roce 2006, výsledek rozsáhlé povodňové eroze v nivě u Poříčí nad Sázavou.....	35
Obrázek 10. Záplavové území mezi obcemi Čerčany a Poříčí nad Sázavou, v oblasti ústí Benešovského potoka.	36
Obrázek 11. Půdní poměry v okolí Čerčan, na nejdolejším úseku zájmového území	38
Obrázek 12. Poloha náplavů v zájmovém území podle Chumana & kol. (2007)	41
Obrázek 13. Terénní sběr dat.....	43
Obrázek 14. Frekvence počtu druhů ve snímcích pro celý soubor 46 snímků.	46
Obrázek 15. Příklady ploch nevhodných ke sběru dat z důvodu údržby vegetace.	47
Obrázek 16. Zájmové území a vhodnost ploch vzhledem k možnosti sběru fytoocenologických dat.	48
Obrázek 17. Ordinační diagram s výsledkem DCA analýzy.	50
Obrázek 18. Ordinační diagram s výsledkem přímé unimodální analýzy CCA – druhové složení.	52
Obrázek 19. Ordinační diagram s výsledkem přímé unimodální analýzy CCA – snímky a druhy.	54

Obrázek 20. Ordinační diagram s výsledkem přímé unimodální analýzy CCA – zastínění stanovišť	59
Obrázek 21: Ordinační diagram s výsledkem přímé unimodální analýzy CCA – odfiltrování zastínění.....	61
Tabulka 1: Charakteristiky klimatických podoblastí MT10, MT11 a T2.....	30
Tabulka 2. Převod jednotlivých tříd Braun-Blanquetovy stupnice abundance a dominance na průměrné procentuální hodnoty pokryvnosti	43
Tabulka 3. Výsledek dvouvýběrového párového t-testu na rovnost středních hodnot..	49
Tabulka 4. Výsledek dvouvýběrového párového t-testu na rovnost středních hodnot pro Shannonův index diverzity.....	49
Tabulka 5. Výsledek dvouvýběrového párového t-testu na rovnost středních hodnot pro prostý počet nepůvodních druhů.	56
Tabulka 6. Výsledek dvouvýběrového párového t-testu na rovnost středních hodnot pro Shannonův index diverzity vztahující se k nepůvodním druhům.	57
Tabulka 7. Výsledek dvouvýběrového párového t-testu na rovnost středních hodnot pro prostý počet invazních druhů.	57
Tabulka 8. Zaznamenané nepůvodní druhy a počty snímků na plochách s náplavem a bez náplavu, ve kterých byly tyto druhy zjištěny	58

1 Úvod

Povodně jsou v říční krajině významným a zcela přirozeným jevem. Jejich působení je důležité zejména z důvodu zvyšování biodiverzity i geodiverzity prostředí (Chuman & kol. 2006), pro některá rostlinná společenstva jsou pro jejich formování a vývoj činitelem přímo nepostradatelným. Zápory, jakožto disturbance v pravém slova smyslu, narušují stávající biotické podmínky. Z hlediska vegetačních poměrů dochází při záplavách především k narušování stávajícího porostu. Spolu s unášeným materiálem voda též mnohdy přináší semena nových druhů, jimiž jsou stávající společenstva obohacována, a v neposlední řadě vytváří podmínky pro život konkurenčně slabších druhů (Chuman 2008a).

Výběr zájmového území byl řízen několika aspekty. Řada výzkumů zabývajících se vzájemným vztahem mezi průběhem povodní a stavem říční nivy byla realizována v návaznosti na několik extrémních povodňových situací na přelomu století. Řada autorů (např. Chuman & kol. 2007, Chuman 2008a, Křížek 2008) se problematice vlivu extrémních záplav na nivní prostředí věnovala ve svých studiích na příkladu jarní povodně v roce 2006 na Sázavě. Oblast dolního toku Sázavy byla na jaře v roce 2006 postižena extrémní povodní, jejíž negativní dopady byly umocněny zejména v některých částech nevhodným obhospodařováním říční nivy. V případě této extrémní povodňové situace došlo severovýchodně od obce Poříčí nad Sázavou k rozsáhlé erozi orné půdy v nivě a místy následnému vytvoření akumulací různé zrnitosti. Kromě tohoto konkrétního příkladu ovlivnily povodně vegetační porosty. Situace na jaře 2006 vedla k ovlivnění stávající vegetace několika způsoby. V prvním případě byla na erodovaných plochách iniciována sukcese. V případě druhém byla sukcese také iniciována, ale na nově vzniklých akumulačních útvarech. Ve třetím pak došlo k překrytí vegetace vrstvou sedimentu a k regeneraci původní vegetace (Chuman 2008a). Poslední výsledky analýz vegetačních poměrů z tohoto území byly publikovány před více než deseti lety, proto je záměrem této práce navázat na předchozí studie a zanalyzovat současný stav. Dílčími cíli práce pak bylo vyhodnocení rozdílů ve druhovém složení, diverzitě vegetace a rozšíření nepůvodních a invazních druhů. Zájmové území pokrývá nivu Sázavy v úseku mezi Sázavou a Poříčím nad Sázavou, v místech postižených jarní povodní v roce 2006 tam, kde během tehdejší povodňové události došlo k usazení náplavů.

2 ŘÍČNÍ NIVA

Prostředí vodních toků a jejich přilehlé okolí je dynamicky se měnící část krajiny a je velice citlivé na změny klimatu, land use i vegetačního pokryvu (Huggett 2003). Říční nivy, jež jsou neodmyslitelnou součástí říčního prostředí, jsou přechodným pásmem k prostředí suchozemskému. Jejich existence je tedy ze své podstaty přímo spjata s činností vodního toku. Klíčovým procesem v prostředí nivy jsou vztahy mezi erozními a akumulacími pochody podmíněnými právě říční činností (Křížek & kol. 2006). Nejvýznamnějším jevem uplatňujícím se při formování říčních niv jsou povodně a na ně vázaná sedimentace říčního materiálu (Huggett 2003), která probíhá v nánosové rovině utvářené vodním tokem (Ložek 1973). Ložek (2003b) však upozorňuje, že formování nivy není výhradním dílem činnosti vodního toku, ale je výsledkem mnoha procesů a řady složek přírodního prostředí i hospodářského využití krajiny v celém povodí.

2.1 Definice říční nivy

Definovat říční nivu není snadný úkol. Komplikovanost stavby nivy a procesů probíhajících v poříčním prostředí pravděpodobně neumožňuje konstrukci jednotné definice napříč přírodovědnými obory ani rozmanitými přírodními podmínkami na zemském povrchu (Tickner & kol. 2001).

Jelikož je vymezení nivy účelné z ekonomického a společenského hlediska v souvislosti s prevencí škod způsobených povodněmi, či z přírodovědného hlediska k její ochraně, pracuje se s pojmem „údolní niva“ v legislativě, například v Zákoně č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Tento zákon však údolní nivu nedefiniuje, pouze ji v § 3 řadí do kategorie *významný krajinný prvek* (VKP). Toto označení řadí nivu mezi ekologicky, geomorfologicky či esteticky hodnotné části krajiny, které utvářejí její charakteristický vzhled nebo přispívají k udržení krajinné stability. Definice samotné nivy byla vydána dodatečně formou Sdělení legislativního odboru MŽP ČR o výkladu pojmu údolní niva (§ 3 písm. b) zákona ČNR č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny ve znění:

„Údolní niva je biotop, jehož utváření, složení a vzájemné vztahy jeho jednotlivých složek jsou ovlivňovány hydrogeologickými poměry vodního toku (výše hladiny spodní vody, občasné záplavy). Údolní niva je charakterizována geomorfologicky (utvářením terénu), především však druhovým spektrem typických (rostlinných) společenstev

(doprovodné břehové porosty, společenstva vlhkomilných druhů rostlin – lužní lesy, pobřežní křoviny, rákosiny, porosty ostric, nitrofilní společenstva vysokých bylin).“

Z hlediska věd přírodních, především fyzické geografie, je říční niva tvarem reliéfu. Z toho důvodu je dobré zmínit v první řadě víceméně již klasickou definici údolní nivy. Vychází z geomorfologie a Demek (1988) nivu definoval jako akumulární rovinu podél vodního toku, již tvoří nekonsolidované fluviální uloženiny usazené daným vodním tokem, a která bývá alespoň z části během povodní zaplavována. Další autoři tuto definici přebírají s řadou větších či menších obměn:

- *„Jedná se o relativně ploché území, jež se rozkládá od okraje koryta vodního toku k úpatí svahů údolí, a které je v době vysokých průtoků daného vodního toku zaplavováno“* (Goudie & kol. 2004, překlad)
- *„Říční niva je území kolem řeky, které je pod přímým vlivem záplav, většinou je to území mezi nejnižšími terasami.“* (Prach & kol. 2009)
- *„Údolní niva je rovinné dno akumulované při povodňovém stavu vodního toku; představuje současně se akumulující terasu.“* (Šindlar & kol. 2012)
- *„Niva je geomorfologická jednotka odpovídající holocenní akumulární rovině“* (Balatka & Kalvoda 2006)
- *„Niva je ploché dno údolí, jehož stavbu, vegetaci i faunu utváří a ovlivňuje činnost vodního toku“* (Ložek 2011)

Z uvedeného je patrné, že definovat pestrý a dynamický krajinný prvek, kterým je říční niva, není jednoduché, ať už je výchozí hledisko jakékoliv. Při množství fyzickogeografických disciplín je téměř nemožné se spokojit s jedinou definicí, legislativní stránka nadto pak definování přírodních fenoménů ještě více komplikuje.

2.2 Vymezení říční nivy

Obdobně jako ostatní tvary v krajině a reliéfu je vhodné říční nivu nejen definovat, ale i územně vymezit. Co nejpřesnější vymezení říční nivy je důležité zejména pro návrh efektivních protipovodňových opatření, neboť rozsah nivy je často úzce spjat s rozsahem potenciální záplavy při zvýšených průtocích v korytě toku (Křížek & kol. 2006). Nivu vymezenou na základě několika možných přístupů uvedených dále v textu je z hlediska prevence škod způsobených povodněmi vhodné porovnávat s územními plány. Na základě

tohoto porovnání je možné navrhnout účelné změny např. ve využití krajiny, nebo v rozsahu zastavěné plochy (Křížek 2007).

V řadě fyzickogeografických disciplín se obzvláště vyjímá **geomorfologický** náhled na věc, zejména z důvodu povahy geomorfologie, tj. vymezení forem reliéfu. Pro vymezení údolní nivy jsou, stejně jako pro jiné prvky reliéfu, stěžejní proces jejího vzniku a morfologie (Křížek 2007).

Údolní niva může být dále vymežována na základě své **geologické** stavby. Geologické pojetí nivy je velmi blízké vymezení na základě geomorfologického hlediska, ale narozdíl od geomorfologie není věnována pozornost genezi nivy. Pro říční nivu jsou z geologického hlediska charakteristické holocenní uloženiny fluviálního původu (Šefrna 2007). Balatka & Kalvoda (2010) přisuzují údolní nivě typickou stavbu tvořenou staršími písčitými štěrky a štěrkovitými písky a mladšími nadložními povodňovými hlínami a písky jemnějšího zrna. Na samotnou přítomnost čtvrtohorních písků a štěrků se však při vymezení údolní nivy nelze plně spolehnout, podle Demka (1988) je společně s tímto geologickým nastavením důležitý i výskyt již zmíněných půd se znaky hydromorfismu (Demek 1988).

V **hydrologických** definicích bývá údolní niva často vymezena na základě zaplavovaného území. Podle této definice by se však rozsah údolní nivy musel měnit v závislosti na velikosti povodně, proto je definice založená na hydrologických poznatcích taktéž nepřesná. Nicméně dle Klečky (2007) lze tento způsob vymezení použít ke stanovení alespoň teoretické nejzazší hranice říční nivy. Takové teoretické vymezení může být patřičně využito v oblasti plánování ochrany některých částí krajiny. Důležitým údajem při stanovování definice nivy na základě hydrologie je mj. i spád či délka vodního toku (Děd 2013).

V rámci **pedologického** přístupu lze říční nivu vymežit na základě půdních map. Šefrna (2007) připouští, že ač pedologické pojetí nivy víceméně odpovídá vymezení z hlediska geologie, geomorfologie i hydrologie, územní definice nivy s ohledem na půdní poměry s sebou přináší značná úskalí. Rozšíření nivy bývá vázáno na přítomnost mladých hydromorfních půdních typů či půdních typů se znaky hydromorfismu, z nichž převažují zejména fluvizemě (Děd 2013, Matějček a Hladný 1999, Šefrna 2007, Zádorová & kol. 2008). Tento půdní typ reprezentuje rozšíření říční nivy nejvěrohodněji, neboť podstatou

vzniku fluvizemí je periodické ukládání povodňových sedimentů (Děd 2013, Němeček & kol. 2011, Zádorová & kol. 2008).

Z několika zmíněných definic říční nivy v kapitole 2.1 je zřejmé, že vedle ryze abiotických podmínek, z nichž vycházejí především definice geologické a geomorfologické, je nezanedbatelným prvkem celé problematiky i **biotická složka**. Se začleněním živé složky přírodního prostředí do definic nivy se lze setkat např. u Ložka (2003a, 2011). V jeho definicích údolní nivy je připisována značná váha vegetačnímu pokryvu či nivní fauně. Biotické podmínky mohou být však pouze indikátory toho, že konkrétní území v krajině říční nivě eventuálně připadá (Klečka 2007).

2.3 Vývoj a historie říční nivy

V předchozím textu bylo nastíněno, jak je mozaika faktorů formujících říční nivu neobyčejně pestrá. Své místo v ní má samotný vznik říčního koryta, vznik říčních teras a jejich soustav, hydrologický režim vodního toku, charakter geologického podloží a přírodní podmínky v celém povodí konkrétního vodního toku. Od dob relativně nedávných ovlivňuje procesy v říční nivě a její utváření navíc antropogenní činnost.

V souvislosti s dynamikou říčního prostředí a formováním údolních niv je třeba stručně zmínit erozně-akumulační procesy v nivě. Jejich síla je určena unášecí silou vodního toku, která v nejobecnějším pojetí narůstá s rostoucím průtokem v říčním korytě a se zvětšujícím se sklonem koryta, tedy s rychlostí proudění vody (Huggett 2003). Zvýšená unášecí schopnost vodního toku má za následek větší množství materiálu neseného vodní masou. Větší množství částic v proudící vodě přímo znamená vyšší míru erozních procesů. Z hlediska vzniku nivy jsou nicméně dle Ložka (1973) významnější procesy sedimentační. K sedimentaci materiálu dochází přirozeně za situace, kdy unášecí schopnost vodního toku klesne. Materiál unášený vodní masou bývá nejčastěji deponován v plochých částech údolního dna. Na způsob sedimentace materiálu v nivě má přímý vliv vzdálenost konkrétního místa od vodního toku (Křížek 2007). V blízkosti koryta vodního toku mohou za příznivých okolností vznikat terénní tvary tvořené částicemi hrubší frakce, zatímco na místa vzdálenější je vodou ukládán jemnější materiál v podobě hlinito-písčitých sedimentů (Křížek 2007, Ložek 1973). Tyto procesy jsou v obecném pojetí výsledkem působení hydrologických pochodů, tedy čistě fyzickogeografických podmínek bez přispění člověka. Důležitou roli v ukládání materiálu v nivě hraje vedle těchto předpokladů však právě člověk a jeho působení v krajině, jež ovlivňuje podobu a vývoj niv v současnosti.

Historie současných říčních niv sahá do staršího období čtvrtohor – pleistocénu. Pro pleistocén byly charakteristické klimatické změny řízené střídáním glaciálů. Přehledný popis historie a podstaty vzniku současných říčních niv podává Ložek (2003a, 2011). V chladných klimatických cyklech pleistocénu docházelo k sedimentaci hrubozrnnějších materiálů, v interglaciálech se uplatňují naopak spíše erozní procesy, při nichž se vodní toky ve vztahu k relativně teplejšímu klimatu do podloží zahlubují. Opakované zahlubování vodních toků vedlo na mnoha místech zemského povrchu ke vzniku fluvialních teras – někdejších údolních niv, jež se v současnosti nacházejí zcela mimo dosah působení vodního toku (Křížek 2007). Na počátku holocénu, po odeznění posledního glaciálu, se povrch vytvořených údolních den stabilizuje a morfologie vodních toků přechází od divočiných k meandrujícím vodním tokům (Ložek 2011). Dnešní říční nivy jsou spolu se všemi svými vlastnostmi tak dílem teprve současné geologické epochy (Křížek 2007).

Z hlediska vzniku holocenních niv mají dle Rulfa (1994) největší význam zásahy člověka. Začátek vlivu lidské činnosti na podobu nivních společenstev rostlin a živočichů i samotných niv je kladen do pravěku, kdy začalo docházet k rozvoji rolnictví a pastevectví (Ložek 2003b, Ložek 2011). Do tehdejší doby lze datovat počátky prvotního utváření kulturní krajiny (Ložek & kol. 2005). Odlesňování krajiny v důsledku potřeby orné půdy a pastvin urychluje erozně-akumulační procesy a odnos materiálu vodními toky (Šefrna 2007). Důsledkem je zvýšený nárůst ukládání povodňových sedimentů v podobě nivních hlín (Křížek 2007, Ložek 2003a, Ložek 2003b) a tím zvrácení přirozeného půdního vývoje (Ložek & kol. 2005). V období počátkem raného středověku v 6. století slouží vodní toky a jejich prostředí především jako komunikační linie a zdroj vody, jejich význam však narůstá i ze strategického hlediska obrany (Rulf 1994), navíc sílí tlak na využití krajiny a uzpůsobování vodních toků ve prospěch hospodářské činnosti člověka. Dochází též k rozvoji rybníkářství, přičemž výstavba těchto vodních ploch v nivách řek pozměnila odtokové poměry a tehdejší krajinu značně přemodelovala (Ložek 2003b). V tehdejší době jsou nicméně i z důvodu omezených technologických prostředků zásahy do krajiny poměrně citlivé (Křížek 2007). Zásadní vliv na přirozený vývoj říčních niv mělo až 20. století a s ním spojené rozsáhlé a cílené regulace vodních toků (Děd 2013, Pithart 2015). Ložek (2011) toto století označuje za dobu „*všeobecné denaturalizace přírodního prostředí*“. Tehdy začalo v našich zemích docházet k cílenému zahlubování vodních toků, zpevňování jejich břehů, napřimování koryt, vysoušení niv a dalším

modifikacím říčního prostředí (Ložek 2003a), mnohdy navíc necitlivě provedeným (Křížek 2007). Na mnoha místech byla navíc půda v nivách zastavěna nebo proměněna v půdu ornou (Děd 2013), což mělo za následek ztrátu přirozeného kontaktu vodního toku s jeho bezprostředním okolím (Ložek 2011).

Ovlivňování vodních toků a nivních ekosystémů člověkem lze dle Ložka (2003b, 2011) rozdělit na nepřímé a přímé. Mezi **nepřímé** působení člověka na komponenty říčního prostředí patří zejména využití krajiny. V současných středoevropských podmínkách protínají významné vodní toky krajinu zpravidla kulturní, se značnou rozlohou orné půdy. V takových podmínkách je během povodní unášeno mnohem větší množství materiálu, než které by bylo vodou transportováno v krajině vegetačně bohaté. V souvislosti s využitím krajiny je vhodné zmínit též riziko eutrofizace vod, jež může vyvolat složité změny ve stávajících řetězcích říčního prostředí a jeho okolí (Ložek 2003b). Za **přímé** působení člověka na prostředí vodních toků a niv lze pak považovat jejich bezprostřední ovlivňování. Jde zejména o budování vodních staveb (např. mlýnů, rybníků a náhonů), jež mají za následek změnu některých hydrologických vlastností vodních toků (Callow & Petts 1994, Schumm 2005, Šindlar & kol. 2012). Likvidací neprostupných lužních lesů na březích vodních toků a postupnou proměnou ploch na luční porosty a později ornou půdu (Děd 2013, Šindlar & kol. 2012) dochází k utlumení dynamiky ekosystému údolních niv (Ložek 2011). Naprostá destrukce údolní nivy pak nastává s výstavbou hlubokých a dlouhých přehradních nádrží (Křížek 2007, Ložek 2003b, Ložek 2011). Z výše uvedeného je zřejmé, že na území Česka je v současné době přirozený vývoj nivního prostředí téměř zastaven (Ložek 2003a) a říční nivu zcela nenarušenou a neovlivněnou lidskou činností na našem území lze hledat stěží (Ložek 2003b).

2.4 Povodně

Z předchozích kapitol vyplývá, že v kontextu vymezení, definice a samotné existence říční nivy jsou významným a přirozeným fenoménem povodně, resp. záplavy. Prostředí nivy je k rozlivu vody při povodni přímo určeno, přirozeně zde dochází k příznivějšímu rozložení povodňové vlny v čase. Povodňové události a zaplavení bezprostředního okolí vodního toku představují typickou formu disturbance.

Na průběh povodně mají vliv specifické vlastnosti každého povodí. Ty určují míru zadržování vody v území nebo naopak míru jejího odtoku. Podstatný význam z tohoto

hlediska mají geologické a geomorfologické poměry a vegetační a půdní pokryv (Vilímk 2004). Simon & Sucharda (2004) přímo jmenují několik faktorů určujících charakter, a tak i důsledky povodně – velikost dané srážky, vlastnosti povodí (retenční schopnosti) a kapacitu koryta. Při plánování opatření zmírňujících dopad povodní je velmi důležité si uvědomit, že povodně, stejně jako další přírodní ohrožení, z krajiny zcela vyloučit nelze (Ložek 2011, Vilímk 2004). Pro minimalizaci případných škod je vhodné cílit zejména na vhodná opatření v prostředí samotného vodního toku a modifikaci antropogenní činnosti nejen v říční nivě, ale i celém povodí. V současnosti je podle Pitharta (2015) třeba pracovat na revitalizacích vodních toků a jejich prostředí nejen za účelem ochrany společenstev druhů přímo v jejich korytech, ale i kvůli zmírnění průběhu povodní a navrácení přirozeného potenciálu nivě.

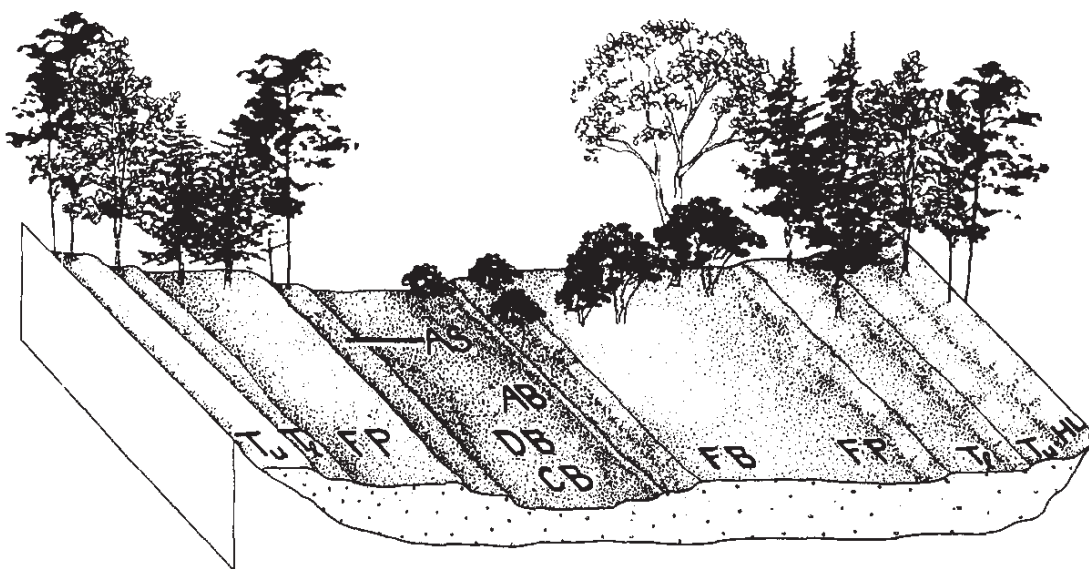
3 VEGETACE V ŘÍČNÍ NIVĚ

Rozšíření vegetace je v nivě řízeno zejména hydrologickým režimem daného vodního toku a charakterem lokality z geomorfologického a geologického hlediska (Tickner & kol. 2001). Z podstaty ekotonálního charakteru nivního prostředí se vegetační společenstva říčních niv zpravidla poměrně nápadně odlišují od společenstev v okolní krajině. Důvodem jsou specifické podmínky v říční nivě, které jsou např. svým mikroklimatem, vodním režimem ale i substrátem odlišné od podmínek v okolí a vedou k vývoji tzv. azonální vegetace.

3.1 Dynamika vegetace v nivě

Výrazná dynamika nivního prostředí odpovídá dynamické povaze činnosti vodního toku, jehož působení neunikají ani nivní společenstva rostlin. Vegetační poměry v říční nivě, druhové složení, hustota a stav vegetace jsou úzce spjaty se záplavovými událostmi (Šeffler & kol. 1999, Van Eck & kol. 2006, Chuman & kol. 2007). Disturbance vegetačního krytu působením záplav jsou vyváženy velmi příznivými hydrickými a trofickými podmínkami (Blažková 2003).

V zonaci vegetačních společenstev v údolní nivě existují zjevné trendy spjaté s rostoucí vzdáleností od koryta vodního toku. Podle Huppa & Rinaldiho (2007) se vzdáleností od koryta narůstá druhová rozmanitost. Klíčovou roli zde sehrávají fluvialně-geomorfologické procesy, tedy morfologie terénu (Loučková 2012), přičemž druhově nejpestřejší jsou nivy s množstvím nejrozličnějších geomorfologických tvarů (Hupp & Rinaldi 2007). Působením fluvialně-geomorfologických procesů podle Loučkové (2012) dochází ke vzniku charakteristické sekvence fluvialních tvarů. Každý z tvarů této sekvence disponuje vlastním hydrologickým režimem v závislosti na zrnitosti substrátu a vzdálenosti od koryta vodního toku (Loučková 2012), jejíž role v souvislosti s ukládáním materiálu při zaplavení nivy byla nastíněna v kapitole 2.3 této práce. Na základě těchto charakteristik lze ke každému konkrétnímu terénnímu tvaru v nivě vztáhnout výskyt specifických společenstev (Hupp & Rinaldi 2007, Obrázek 1).



Obrázek 1. Charakteristická sekvence fluviálních tvarů v údolí vodního toku. CB – dno říčního koryta, DB – štěrková lavice v korytě toku, AS – horní okraj koryta (horní povodňové koryto), AB – břeh, agradační val, FP – údolní niva, TL – nižší terasa, TU – vyšší terasa, HL – údolní svah (Loučková 2012 podle Hupp & Osterkamp 1996).

Nejdynamičtější část nivy je v bezprostředním okolí říčního koryta. V příbřežní zóně se nacházejí druhy, které se se zaplavováním vypořádávají lépe než druhy k záplavám méně tolerantní, které zpravidla zaujímají prostor nivy ve větší vzdálenosti od koryta toku (Loučková 2012, Van Eck & kol. 2006), kde k zaplavení povrchu nedochází tak často. Typickým příkladem zonace takových společenstev jsou porosty dřevin. Jejich složení odráží míru dynamiky. V nejbližším okolí vodního toku se nacházejí jiné druhy než ve stabilizovaných částech nivy (Abernethy & Rutherford 1999). Jedná se o lužní lesy, jejichž výskyt je vázán na vysokou hladinu podzemní vody a záplavový režim (Chytrý & kol. 2010, Douďa 2009). Na základě převažujícího druhu dřevin jsou lužní lesy typově děleny na měkké, přechodové a tvrdé. Příslušnost konkrétního luhu je určena zmíněnými dvěma faktory. Pro měkký luh jsou charakteristická vlhčí stanoviště a zástupci vrb, olší a topolů. Tvrdé luhy na sušších stanovištích jsou utvářeny habry, jilmy, javory, duby, jasany a lípami (Chytrý & kol. 2010, Douďa 2009). V nivách dynamičtějších vodních toků dřeviny často chybějí (Chuman & kol. 2006, Townsend 2001).

3.1.1 Povodně

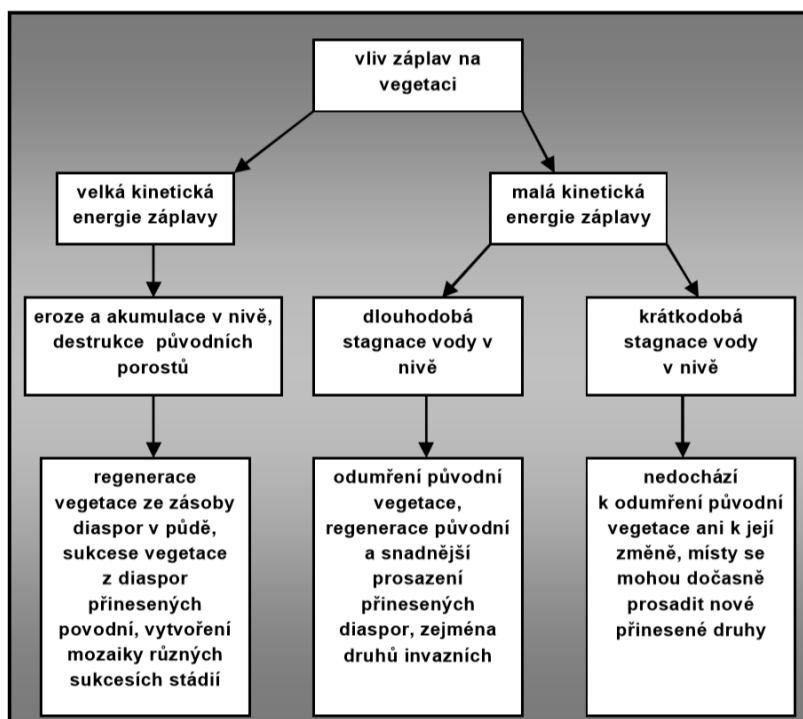
Podoba rostlinných společenstev v říční nivě je, jak bylo řečeno výše, úzce spjata s povodňovými událostmi na daném vodním toku. Pravidelné zaplavování území přispívá k neobyčejné dynamice nivního prostředí (Prach & kol. 2009). Mechanické působení

záplav vede k narušování stávajícího vegetačního krytu a je stěžejní pro vznik nových stanovišť či změnu podmínek. Vedle toho je z hlediska záplav podstatným procesem také ukládání materiálu. Mimo částec hornin, které se aktivně zapojují v rámci erozně-akumulačních procesů, je vodou unášen a ukládán i biologický materiál obsahující mj. rostlinné diaspory. Přítomnost diaspor v sedimentu vede ke zvyšování biodiverzity (Loučková 2012), přičemž tento efekt lze řadit k nesporným výhodám působení záplav v nivním prostředí. Disturbance v podobě záplav vedou k rychlým změnám ekologických podmínek v nivě, a navíc k urychlenému šíření organismů v prostředí (Chuman & kol. 2006, Matějček 2009). Proto může v nivě díky záplavám existovat neobyčejně pestrá mozaika biotopů (Chuman & kol. 2006, Pithart 2015, Ward & kol. 2002).

Z hlediska dynamiky rostlinných společenstev v říční nivě je klíčový charakter povodní. Nejvýznamnější roli hrají frekvence, intenzita a načasování povodně během roku (Douda 2009, Chuman & kol. 2007, Chuman 2008a, Junk & kol. 1989, Loučková 2012, Townsend 2001, Van Eck & kol. 2006). Aby s sebou povodně nesly pozitiva svého působení, tedy zejména zvyšování biodiverzity společenstev, nesmí být jejich **intenzita** příliš vysoká. Příliš vysoká míra působení disturbance může vést k naprosté destrukci společenstev, naproti tomu disturbance nízké intenzity nemusejí stačit k eliminaci dominantních druhů ve společenstvu (Loučková 2012), jež je z hlediska zvyšování druhové bohatosti žádoucí. **Načasování** povodně, resp. zaplavení území, je podstatné z hlediska střídání vegetační doby a klidu. Van Eck & kol. (2006) prokázali v laboratorních podmínkách vyšší odolnost rostlinného pokryvu vůči zimním záplavám než vůči záplavám během vegetační sezony. Povodně ve vegetačním období s sebou navíc přinášejí značné množství diaspor a jsou proto významnější z hlediska šíření druhů v prostředí nivy (Chuman 2008b). Citlivost vegetace na působení a následky zaplavení je však samozřejmě podmíněna i druhovou příslušností (Van Eck & kol. 2006). Významnou roli v množství uložených diaspor sehrává rovněž vzdálenost stanoviště od koryta vodního toku. Autoři Hölzel & Otte (2001) uvádějí, že s rostoucí vzdáleností množství diaspor klesá. Tento trend potvrdila i Blažková (2003) ve studii vegetace Berounky po povodni v roce 2002.

Zaplavení území, jež při povodni může v nivě nastat, působí dle Kováře (1998) na stávající vegetační kryt dvěma způsoby, a to jako činitel ekologického narušení (*disturbance*) nebo jako činitel ekologické zátěže (*stres*). Disturbancí lze v obecném pojetí označit mechanické poškození rostliny, stresem pak například nedostatek kyslíku v půdě (Kovář 1998), ke kterému vlivem zaplavení půdy dochází. Náorné schéma vlivu na

vegetační pokryv během případného zaplavení nivy je patrné z Obrázku 2. Řada druhů rostlin je k životu pod vlivem pravidelného zaplavování nicméně dobře přizpůsobena. Blažková (2003) uvádí příkladem schopnost přežití při obnažení kořenů rostliny, při mechanickém poškození rostlinného těla nebo překrytí povodňovým sedimentem. Schopnost adaptace k různým formám disturbance a stresu během záplav má za následek přirozenou selekci druhů. Opakované narušování vegetace povodněmi vede k eliminaci dominantních druhů, díky čemuž se dostává prostoru konkurenčně slabším jedincům (Chuman & kol. 2006, Loučková 2012).



Obrázek 2. Vliv záplav na vegetaci údolních niv. (Chuman a kol. 2007)

3.1.2 Sukcese

Disturbance působící v nivě formou záplav zapříčiňují opakované zmlazování stávajících porostů. Tento vývojový proces změn druhového složení společenstev má v nivním prostředí za následek existenci rozmanité mozaiky ploch více nebo méně stabilních. Stabilita ploch v prostředí se odvíjí mimo jiné i od stadia konkrétního společenstva v rámci sukcesní série.

Proces **sukcese** představuje v přírodním prostředí zákonitý přirozený sled změn vztahů a struktur společenstev, případně nahrazování jedné biocenózy druhou, přičemž tento proces spěje ke své nejstabilnější podobě – **klimaxu** (Buček 2007, Matějček 2007a,

Prach 1996). Již Clements (1916) rozlišuje dva typy přirozené sukcese. V první řadě hovoří o **sukcesi primární**, při níž dochází k proměně prostředí dosud neovlivněného existencí biotického společenstva. K primární sukcesí dochází tedy na zcela nově vzniklých plochách. Jedná se o plochy např. na říčních náplavech, lávových proudech nebo na plochách odhalených po ústupu zalednění (Clements 1916). Druhým typem Clements (1916) míní **sukcesi sekundární**, jež se uplatňuje při regeneraci původního společenstva, které bylo zničeno přírodními faktory nebo působením člověka. Při sekundární sukcesí zůstává alespoň částečně zachován půdní kryt a zásoba diaspor. Typickým příkladem uplatnění tohoto typu sukcese je na opuštěné orné půdě (Duchoslav & Dančák 2016). Mohou jím však být právě i plochy v nivě, na nichž došlo k sedimentaci povodňového materiálu a překrytí původní vegetace. Proces sukcese je na takových plochách v počátečních fázích řízen z velké části zásobou diaspor v uloženém materiálu.

V prostředí říční nivy jsou rané sukcesní fáze kontrolovány působením abiotických faktorů, zejména charakterem záplav a uložením sedimentů (Loučková 2012). Čím je povrch fluvialních tvarů výše nad hladinou vodního toku, a čím jsou tyto tvary stabilnější, tím spíše přebírají dle Loučkové (2012) kontrolu nad sukcesním vývojem vnitřní mechanismy samotného vegetačního společenstva. Směr vývoje vegetace na plochách postižených povodní podle Chumana (2008b) závisí především na způsobu vzniku útvaru, na němž se vegetace vyvíjí (viz Kapitola 3.2). Charakter společenstev je dále ovlivňován konkurenceschopností jednotlivých rostlinných druhů (Chuman & kol. 2006, Chuman & kol. 2007, Loučková 2012). Z podstaty působení fluvialních erozně-akumulačních procesů na území říční nivy je zřejmé, že jsou nejmladší sukcesní stádia situována blíže vodnímu toku, zatímco sukcesně starší plochy keřových porostů a stádia bližší klimaxu se nacházejí ve větší vzdálenosti od koryta (Chuman & kol. 2006).

Celá vývojová proměna vegetačních společenstev stojí na vlastní druhové obměně a je možné ji do jisté míry předvídat (Buček 2007). Rychlost druhové proměny společenstev v rámci procesu sukcese je pochopitelně závislá na mnoha faktorech, jež v lokalitě působí. Lipský (1998) uvádí pro vznik konkrétních ekosystémů stručný přehled přibližných časových rozpětí. Relativně jednoduchá společenstva krátkověkých plevelů a travnatých či křovinatých porostů potřebují dle autora 15 let, výjimečně desítky let. Vedle toho vznik komplexnějších systémů lesních společenstev, vývojově zralých půd nebo obnova rašelinišť si žádají staletí až tisíciletí (Lipský 1998).

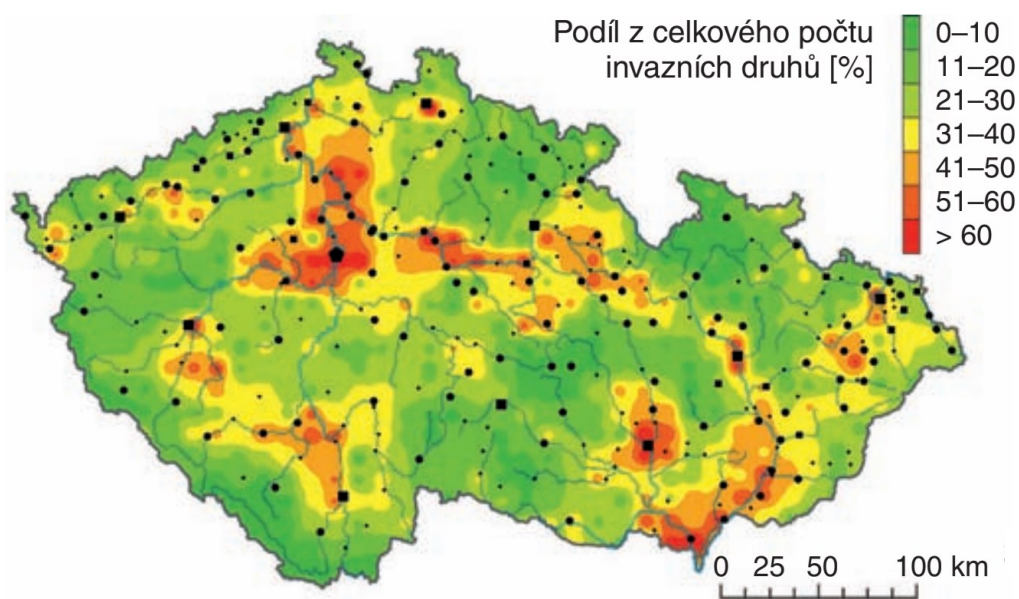
3.1.3 Invazní druhy

Invazní druhy zastávají v problematice nivních vegetačních společenstev zvláštní roli. Říční prostředí je podle řady autorů (Chuman & kol. 2006, Pyšek & Tichý 2001, Tickner & kol. 2001) k šíření invazních druhů značně náchylné, zejména kvůli účinkům povodní a s nimi spojeným přísunem živin a množství diaspor inkriminovaných druhů rostlin (Matějček 2007b).

Definice pojmu **invazní druh** není zcela jednotně stanovena (Matějček 2009, Tickner & kol. 2001). Organismy označované jako „invazní druhy“ jsou v prvé řadě druhy geograficky nepůvodní, k jejichž rozšíření přispěl člověk (Křivánek & kol. 2006, Matějček 2009, Pyšek & Tichý 2001). Časové období, na jehož základě jsou druhy považovány za původní či naopak, je vymezeno různě. Křivánek & kol. (2006) definují nepůvodní druhy jako ty, jež se v oblasti přirozeně nevyskytují posledních 10 000 let, Pyšek & Tichý (2001) tuto hranici stanovují na začátek neolitu (doba před 7–8 tisíci lety). Z hlediska označení druhu za invazní je však mnohem podstatnější **rychlost šíření**, protože invazní druhy jsou schopné se v nově osídlené lokalitě rychle šířit. Problém jejich rychlého šíření spočívá zejména v negativním působení na společenstva druhů původních (Pyšek & kol. 2002, Pyšek & Tichý 2001). K němu dochází díky schopnosti rychlého obsazování nových stanovišť a změnou konkurenčních vztahů v neprospěch původních druhů. Z definice invazních druhů může být již patrné, že řada invazních druhů patří k R-stratégům, tedy ke druhům krátkověkým s vysokou produkcí semen (Matějček 2007c).

Při vhodných podmínkách jsou invazní druhy schopné z krajiny vytlačovat druhy původní, proto je sledování jejich výskytu důležité. Extrémním případem může být naprosté převládnutí jediného (invazního) druhu. Vzhledem k povaze invazních druhů napomáhají jejich šíření změny ve využití krajiny a působící disturbance (Matějček 2007c, Pyšek & Tichý 2001). V kontextu této práce jsou typickými disturbancemi povodně. Narušené či méně stabilní části krajiny jsou invazními druhy zasaženy největší měrou (Matějček 2007c). Skutečnost potvrzují Křivánek & kol. (2006), kteří nejčtenější výskyt invazních druhů zaznamenali zejména ve výrazně upravených nebo zcela změněných biotopech. V prostředí se sníženou odolností bývá výskyt a šíření nepůvodních druhů akcelerován jejich dobrou adaptibilitou, snadným rozmnožováním, ale i absencí predátorů a nemocí (Pyšek & Tichý 2001).

Zástupce druhů se statutem „invazní“ lze nalézt napříč všemi taxonomickými skupinami (Pyšek & Tichý 2001). Území Česka je k šíření rostlinných invazních druhů vzhledem ke své geografické poloze mezi významnými floristickými oblastmi Alp, Karpat a Panonie poměrně náchylné (Pyšek & kol. 2002), navíc obohacování flóry nepůvodními druhy má v české krajině, jež je v porovnání s jinými částmi světa druhově chudá, velký význam (Křivánek & kol. 2006). První ucelený seznam zavlečených druhů na našem území vč. jejich základních ekologických a biologických vlastností uvedli Pyšek & kol. (2002). Tento katalog byl autory dále doplněn a aktualizován (Pyšek & kol. 2012). Nejvíce invazních druhů patří do skupiny semenných rostlin, z nichž jsou dle Pyška & Tichého (2001) nejnebezpečnějšími invazní dřeviny. Oblastmi nejzatíženějšími invazními druhy rostlin jsou podle Pyška & kol. (2012) a Pyška (2018) městské aglomerace a zejména jejich okolí, krajina destabilizovaná a narušená těžbou v severních Čechách a území v nížinách velkých vodních toků v teplejších klimatických oblastech (Obrázek 3). Faktory, jež se přímo v nivách při šíření invazních druhů uplatňují, uvádí Matějček (2007b). Jedná se zejména o míru a druh antropogenní činnosti v nivě, rozsah modifikací daného vodního toku a jeho vlastnosti vč. charakteru povodňových událostí (Matějček 2007b).



Obrázek 3. Intenzita rostlinných invazí na území Česka. Barvy vyjadřují, jaký podíl ze všech invazních druhů zaznamenaných na našem území se na daném místě vyskytuje (Pyšek 2018, upraveno dle Pyšek & kol. 2012)

Na vodních tocích sledovaných Matějčkem (2009) se nejčtenějším druhem ukázala být netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*), následně zlatobýl kanadský (*Solidago canadensis*), zlatobýl obrovský (*S. gigantea*), netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*)

a turanka kanadská (*Erigeron canadensis*). Vyjma posledního jmenovaného patří podle Krivánka & kol. (2006) tyto druhy k hlavním nebezpečným invazivním druhům na našem území. Z dalších významných invazních druhů české flóry jsou Pyškem & Tichým (2001) a Chumanem & kol. (2006) dále v nivách uvedeny např. bolševník velkolepý (*Heracleum mategazzianum*), křídlatka japonská (*Reynoutria japonica*), křídlatka sachalinská (*R. sachalinensis*) a jejich kříženec, netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) nebo slunečnice hlíznatá (*Helianthus tuberosus*). Ze zástupců dřevin uvádějí Pyšek & Tichý (2001) např. trnovník akát (*Robinia pseudacacia*) či pajasan žláznatý (*Ailanthus altissima*).

3.2 Sukcese vegetace po povodňových disturbancích

Vzájemný vztah mezi vegetačními poměry v nivách toků a charakterem povodní byl nastíněn v předchozím textu. Povodňová událost a v jejím důsledku zaplavení konkrétní lokality může vytvořit několik výchozích pozic pro budoucí vývoj vegetačních společenstev. Obecně lze hovořit o regeneraci původní vegetace **překryté vrstvou povodňového sedimentu**, sukcesi v **erodovaných částech** nivy a sukcesi vegetace na zcela nově vzniklých **akumulačních útvarech** nivního prostředí. Analýzou vegetačních poměrů a sukcesních procesů se v souvislosti s vlivem povodní zabýval např. Kopecký (1957) na Metuji, Blažková (2003) na Berounce, Chuman (2008b) na Sázavě a Loučková (2012) na částech toků Opavy, Černé Opavy a Branné v podhůří Jeseníku.

Na základě poznatků řady studií (např. Blažková 2003, Chuman & kol. 2006, Chuman 2008b, Kopecký 1957, Loučková 2012) lze faktory nejvýznamněji ovlivňující budoucí vývoj vegetačních společenstev po odeznění zaplavení území shrnout v několika bodech:

- na rychlost obnovy vegetačních společenstev na narušených plochách má vliv doba trvání zaplavení území
- podstatný význam má hloubka vody a mocnost sedimentu, který je v prostoru nivy při záplavě deponován
- po ústupu vody z území se důležitou vlastností stávají vlhkostní poměry, jež přímo souvisejí s hrubozrnností substrátu, který je povodní uložen
- důležité je množství organické složky a živin v nivních půdách
- rychlost obnovy a skladba budoucích raných společenstev závisí na dostupnosti diaspor

Tyto vlastnosti půdního prostředí ovlivňují rychlost obnovy vegetačního krytu. Plně zapojený porost se na písčitých substrátech vytváří do 2 let, na substrátech šterkovitých tento proces trvá až 4 roky (Chuman & kol. 2006). Při obnově rostlinných společenstev se z počátku angažují zpravidla jednoleté ruderalní druhy (Chuman & kol. 2006, Chuman 2008b, Kopecký 1957). Dodáním diaspor z jiných částí povodí mají povodně často za následek šíření druhů, jež se v místě dříve nevyskytovaly (Blažková 2003), tedy i druhů invazních (Chuman & kol. 2006). Na nově vzniklých akumulacích tvarech, kde bývá dostupnost diaspor vzhledem k povaze vzniku tvarů nejvýraznější, bývají nově vyvíjející se společenstva druhově bohatší než společenstva na okolních částech nivy (Chuman & kol. 2006).

3.2.1 Překrytí povodňovým sedimentem

Vyvíjející se společenstva mohou být během povodně překryta povodňovými sedimenty, čímž dochází k disturbanci stávající vegetace. Některé druhy mají schopnost regenerovat. Míru a charakter procesu regenerace původní vegetace překryté nově uloženou vrstvou sedimentu určuje dle Chumana & kol. (2006) několik faktorů. V první řadě je podstatná dostupnost diaspor v původní překryté půdě, ale i v uloženém materiálu. Procesy vedoucí k obnovení vegetace jsou následně řízeny podmínkami zpravidla abiotickými, z nichž autoři zmiňují např. půdní poměry v lokalitě, místní mikroklima a hrubost usazeného materiálu a s ní spojené množství organické hmoty či vlhkostní poměry (Chuman & kol. 2006). Obnovení porostu může být poměrně rychlé. Na Sázavě potvrdil Chuman (2008b) obnovení plného zápoje na narušených plochách již 8 měsíců po odeznění záplav. V případě překrytí místa vrstvou materiálu dochází na usazených sedimentech k rychlému vegetativnímu šíření některých rostlin (Blažková 2003). Z hlediska dostupnosti diaspor v usazeném materiálu jsou dle Chumana & kol. (2006) obecně ve výhodě druhy produkující velké množství semen, tedy R-stratégové. Typickými zástupci v takovém prostředí jsou např. kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), ptačinec prostřední (*Stellaria media*) či merlík mnohosemenný (*Chenopodium polyspermum*).

3.2.2 Erozní tvary

Kombinací působení erozní činnosti vody a např. nevhodným využitím půdy v říční nivě nebo celém povodí (kapitola 2.4.1) může v důsledku povodně dojít k odnosu většího množství materiálu, a tak k úplnému odnosu některých půdních horizontů. V závislosti na chemických a fyzikálních vlastnostech takto narušených lokalit jsou obnažené plochy

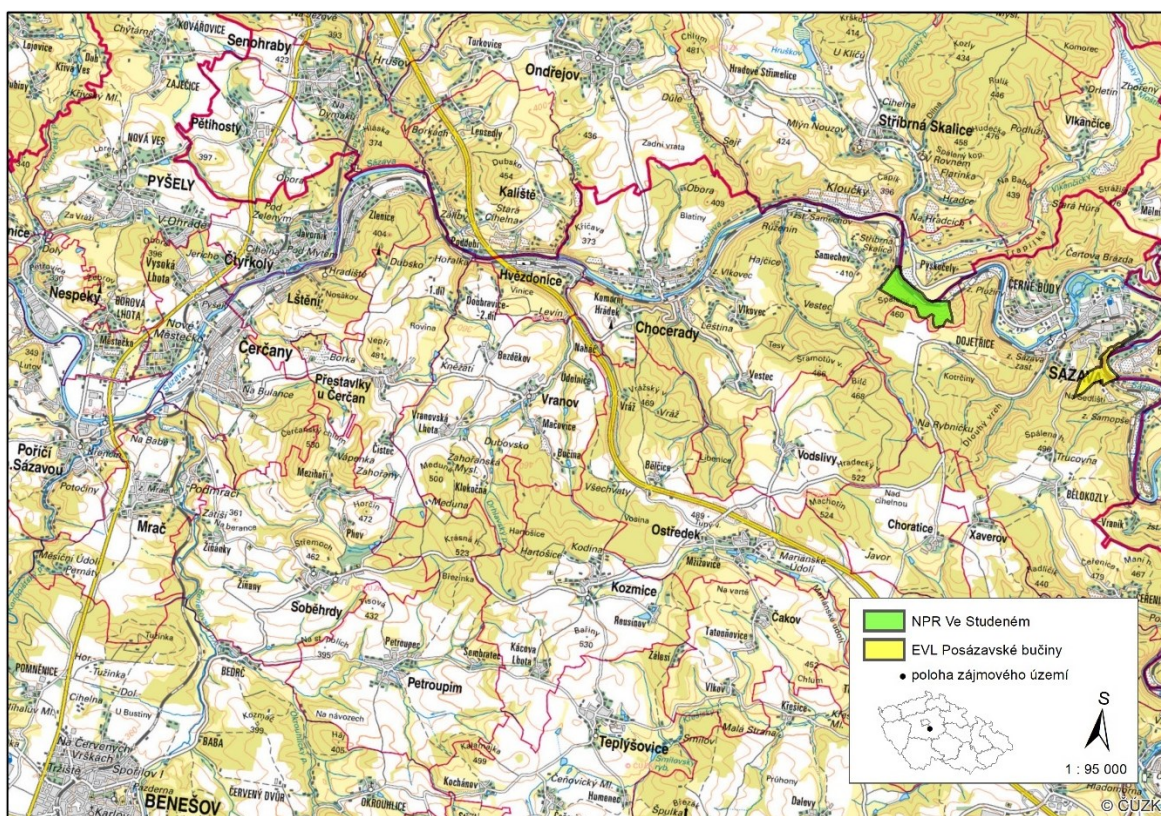
různou rychlostí obsazovány typickými R-stratégiemi (Blažková 2003). Jedná se o druhy adaptované na vysokou frekvenci narušování, tedy druhy krátkověké, rychle se množící a rychle rostoucí (Slavíková 1986). Říční niva jakožto prostředí bohaté na živiny i vláhu je optimálním místem pro druhy této životní strategie, jež jsou stavebními kameny počátečního stadia sukcese, která je na obnažených plochách iniciována. Slavíková (1986) uvádí příkladem merlík (*Chenopodium sp.*), kokošku pastuší tobolku (*Capsella bursa pastoris*), nebo hořčici rolní (*Sinapis arvensis*). Ve studii Sázavy (Chuman 2008b) se na plochách erodovaných během povodně ukázaly být dominantními jednoleté druhy ruderalní vegetace třídy *Chenopodietea* a *Bidentetia*.

3.2.3 Akumulační tvary

Místa akumulace mohou být různých vlastností. Klíčovým parametrem ovlivňujícím budoucí vývoj společenstev se podle Blažkové (2003) zdá být hrubozrnnost uloženého materiálu, jež úzce souvisí s vlhkostními poměry. Význam těchto vlastností je pro iniciaci a průběh primární sukcese stěžejní také dle Chumana & kol. (2006), Kopeckého (1957) nebo Laciny & Halase (2008). Za potvrzení lze považovat případ z Berounky, kde rychlost obnovení vegetačního porostu na hrubozrnných šterkových lavicích byla po povodni v roce 2002 nejpomalejší (Blažková 2003). Sedimentace materiálu jemnějšího zrna hlinité frakce, pozorovaná Blažkovou (2003) ve vyšších nivních stupních, měla za následek zejména obohacení stanovišť živinami a některými dalšími druhy rostlin, které se zde dříve nevyskytovaly. Na značnou druhovou pestrost náplavů brzy po povodni (zpravidla následující vegetační sezonu) poukazuje i Kovář (1998). Díky množství diaspor může být vývoj vegetace značně uspíšen (Chuman 2008b), ačkoliv rychlost obnovy vegetačního pokryvu na místech akumulovaného materiálu byla ve studii Chumana (2008b) na Sázavě shodná s vývojem vegetace na plochách erodovaných. Kopecký (1957) jako první společenstva ustalující se na nově vytvořených náplavech uvádí druhově chudé porosty nitrofilní vegetace obnažených den a vlhkých ruderalních stanovišť (*Bidention tripartitae*) následované rákosinovými a ostřicovými porosty (*Phalaridion arundinaceae*). Sledovaná sukcesní řada je Kopeckým (1957) přes stadia křovitých vrb uzavřena společenstvy druhu podsvazu údolních jasanovo-olšových luhů a tvrdých luhů nížinných řek (*Alnion glutinoso-incanae*), jež v Česku patří mezi nejhojnější typy lužního lesa (Douda 2009). Podobný sled vývoje sukcesních stádií uvádějí Chuman & kol. (2006) v říční nivě Sázavy.

4 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Zájmové území se nachází jihovýchodně od Prahy ve Středočeském kraji v okrese Benešov. Pojímá přilehlé okolí úseku dolní Sázavy mezi městem Sázava a Poříčí nad Sázavou (Obrázek 4). Mapovaný úsek vodního toku se rozkládá podél cca 21 km koryta toku Sázavy, mezi jeho 52. a 31. říčním km. Jedná se o oblast malebné krajiny Posázaví, vodní tok je lemován železniční tratí. Území je hojně využíváno k rekreaci i sportovním aktivitám.



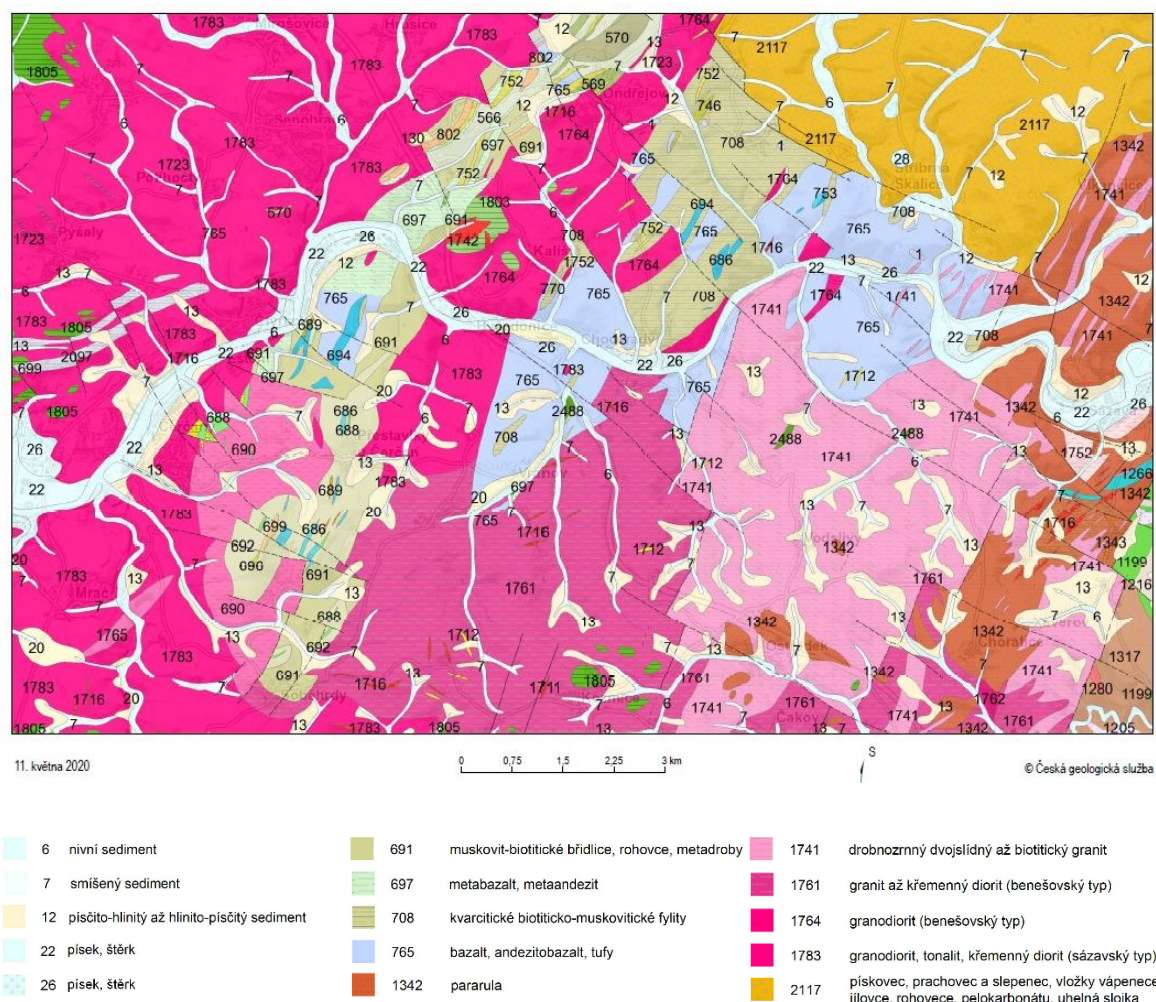
Obrázek 4. Zájmové území, chráněná území a jejich poloha v rámci Česka. Zdroj: Základní mapa ČR, ArcČR 500, Maloplošná ZVCHÚ

4.1 Geologická stavba

Oblast Posázaví náleží do Českého masivu. Samotné zájmové území lze řadit do středočeského plutonického komplexu, jenž se rozprostírá v oblasti styku moldanubika se středočeskou částí bohemia (Cháb & kol. 2008). Nejdolejší část toku Sázavy připadá bohemiku, konkrétně tepelsko-barrandienské oblasti, zatímco zbylá a větší část údolí Sázavy se nachází v moldanubické oblasti vltavsko-dunajské elevace, v nejstarší a nejstabilnější části Českého masivu (Balatka & Kalvoda 2010).

Z geologického hlediska se jedná o systém komplikované stavby hlubinně metamorfovaných a místy značně migmatitizovaných hornin paleozoického stáří (Cháb & kol. 2008). Oblast se rozkládá převážně na hlubinných vyvřelinách a metamorfovaných horninách střeodočeského plutonu (Demek & Mackovčín 2006). Údolí dolní Sázavy je hloubeno do paleozoických granitických hornin, z nichž jsou zasto

upeny kyselé žuly, granodiority, diority, tonality a značné množství magmatických hornin (Balatka & Kalvoda 2010, Culek & kol. 2005, Cháb & kol. 2008, Geologická mapa 1 : 50 000). Na některých místech je střeodočeský plutonický komplex protkán ostrovními zónami hornin náležících barrandienské jednotce bohemika, např. metabazalty či metaandezity. Ve východní části přiléhá k zájmovému území zřetelná oblast zpevněných sedimentů náležící severní části blanické brázdy (Obrázek 5).



Obrázek 5. Geologické poměry v okolí zájmového úseku Sázavy, legenda upravena. Zdroj: Geologická mapa 1 : 50 000

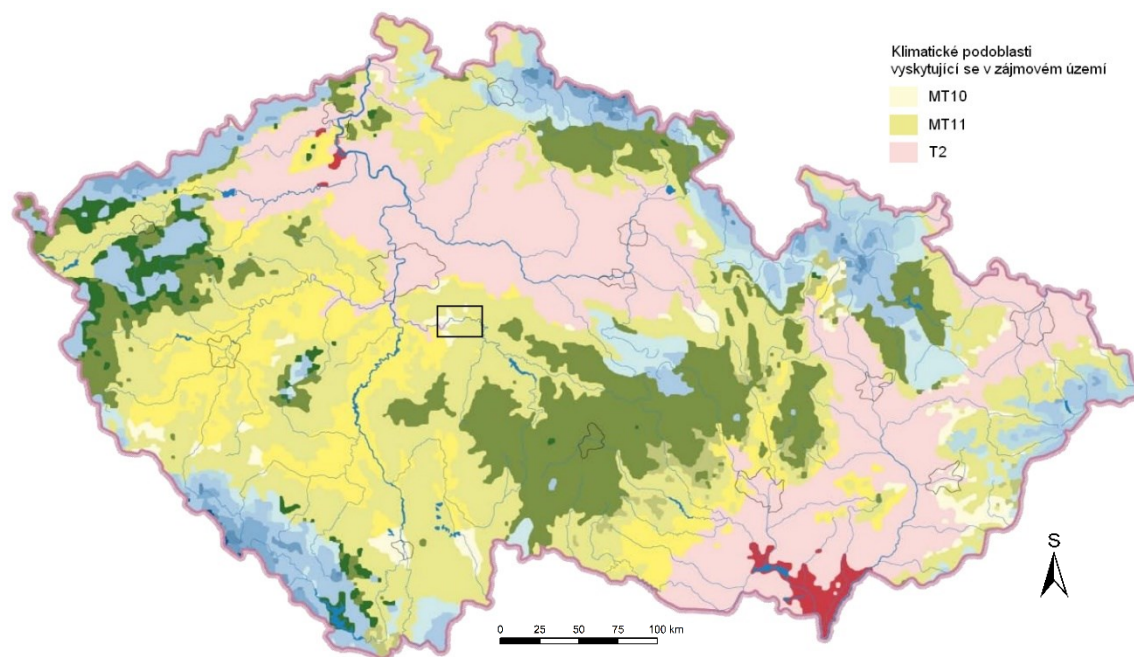
4.2 Geomorfologické poměry

Z geomorfologického hlediska spadá oblast do celku Benešovské pahorkatiny (Balatka & Kalvoda 2006), přičemž sledovaný úsek vodního toku Sázavy protéká její východní částí. Jedná se o členitou pahorkatinu se střední nadmořskou výškou 366,2 m n. m., do níž je údolí Sázavy místy hluboce zaříznuto (Demek & Mackovčín 2006). Z hlediska relativní výškové členitosti je oblast vrchovinou. Nadmořská výška se v území pohybuje nejčastěji v rozmezí 320–540 m n. m. (Culek & kol. 2005).

Reliéf území je tvořen asymetrickými údolními, místy se vyskytují příčné a podélné zlomy (Demek & Mackovčín 2006). Po celou dobu trvání kvartéru hrají významnou roli denudační procesy, které dávají prostor pro vývoj říčních teras a údolních niv. V zájmovém území se nicméně říční terasy téměř nenacházejí (Balatka & Kalvoda 2010), údolí Sázavy je však lemováno zbytky terasových štěrků (Culek & kol. 2005). Současná podoba reliéfu je výsledkem působení denudačně-erozních pochodů, jež byly v minulosti zesíleny neotektonickými zdvihy a poklesy celé oblasti (Kalvoda 2007).

4.3 Klimatické poměry

Příslušnost území k hercynské podprovincii předurčuje oblasti klima přechodného typu s převažujícím vlivem oceánu. Zájmové území je díky relativní blízkosti Polabí a Vysočiny relativně teplé a průměrně vlhké (Culek & kol. 2005). Podle Quittovy klimatické regionalizace (Tolazs & kol. 2007) je celá oblast dolního toku Sázavy řazena do klimatických podoblastí MT10, MT11 a T2, přičemž do podoblasti MT11 spadá většina zájmového území, a to jeho hořejší část (vzhledem ke směru toku Sázavy). Podoblast T2 se na nevelkém území nachází u Poříčí nad Sázavou, při západním okraji zájmového území (Obrázek 6). Přehled klimatických charakteristik zmíněných klimatických podoblastí poskytuje Tabulka 1.



Obrázek 6. Přehled klimatických podoblastí na území Česka (Tolazs & kol. 2007), černý rámeček označuje zájmový úsek Sázavy.

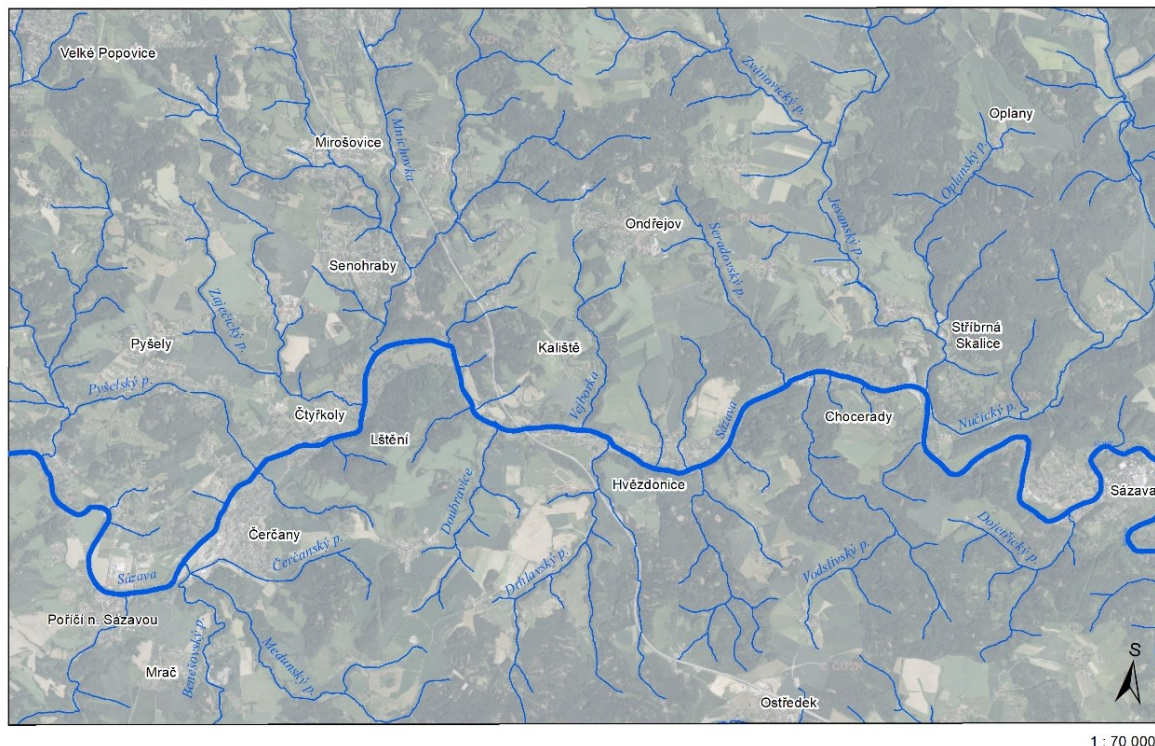
Tabulka 1: Charakteristiky klimatických podoblastí MT10, MT11 a T2 (Tolazs & kol. 2007).

	MT10	MT11	T2
<i>počet letních dní</i>	40–50	40–50	50–60
<i>počet dní s $\geq 10^\circ\text{C}$ a více</i>	140–160	140–160	160–170
<i>počet dní s mrazem</i>	110–130	110–130	100–110
<i>počet ledových dní</i>	30–40	30–40	30–40
<i>ot leden [$^\circ\text{C}$]</i>	-2 až -3	-2 až -3	-2 až -3
<i>ot červenec [$^\circ\text{C}$]</i>	17–18	17–18	18–19
<i>ot duben [$^\circ\text{C}$]</i>	7–8	7–8	8–9
<i>ot říjen [$^\circ\text{C}$]</i>	7–8	7–8	7–9
<i>o počet dní se srážkami 1 mm a více</i>	100–120	90–100	90–100
Σ srážek ve vegetačním období [mm]	400–450	350–400	350–400
Σ srážek v zimním období [mm]	200–250	200–250	200–300
Σ srážek celkem [mm]	600–700	550–650	550–700
<i>počet dní se sněhovou pokrývkou</i>	50–60	50–60	40–50
<i>počet zatažených dní</i>	120–150	120–150	120–140
<i>počet jasných dní</i>	40–50	40–50	40–50

4.4 Hydrologické poměry

Sázava je tokem III. řádu, číslo hydrologického pořadí 1-09-01. Pramení ve Žďárských vrších v nadmořské výšce 757 m n. m. jako Stružný potok a Sázavou je nazývána od výtoku z Velkého Dářka. Meandrující tok v hlavním směru z východu na západ protéká skrz Českomoravskou vrchovinu a Středočeskou pahorkatinu. Směr vodního toku na

dolním úseku Sázavy je orientován převážně v západním směru a formuje zde otevřené zákruty (Obrázek 7).



Obrázek 7. Hydrologické poměry v zájmovém území (generalizováno). Zdroj: DIBAVOD, Ortofoto ČR

Po zhruba 225 km své délky ústí Sázava do Vltavy ve 200 m n. m. a je jedním z jejích nejvýznamnějších pravostranných přítoků. Průměrný průtok Sázavy při jejím ústí je zhruba $25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Hladný 2009). Povodí Sázavy se rozkládá na $4\,350 \text{ km}^2$ a má asymetrický tvar (Hladný 2009, DIBAVOD 2007). Většina jejích přítoků je levostranných, z nichž nejvýznamnějšími přítoky jsou Želivka a Blanice.

V povodí Sázavy nebyla v minulosti zbudována významnější vodní díla. Za zmínku samozřejmě stojí vodárenská nádrž Švihov, jež byla vybudována začátkem 70. let na Želivce Úpravna vody Želivka, jež odebírá vodu z vodní nádrže Švihov, produkuje asi 75 % pitné vody pro vodovodní systém pražské aglomerace. Pitná voda je distribuována štolovými přivaděči kromě Prahy i do dalších regionů, např. na Pelhřimovsko, Havlíčkovobrodsko, Benešovsko či Humpolecko (Hladný 2009).

4.4.1 Povodně na Sázavě

Pro povodí Sázavy jsou typické povodně vyvolané zpravidla výraznějším táním sněhové pokrývky na území Českomoravské vrchoviny a většinou se vyskytují v jinou část roku

než povodně na Vltavě (Elleder 2008, Hladný 2009). Ucelený soupis historických povodní na Sázavě pravděpodobně neexistuje. Elleder (2008) s odkazem na řadu autorů a kronik však podává stručný přehled, v pramenech se přitom vždy opírá výhradně o přímé zmínky o povodních.

Minulé století nebylo z hlediska povodňové aktivity Sázavy významné (Elleder 2008), nicméně povodně se během posledních dvou století vyskytly v povodí Sázavy několikrát. Elleder (2008) ve výčtu zmínek o povodních, nalezených v historických pramenech, uvádí pro období v letech 1515–1891 téměř 50 povodňových událostí. Nejvýznamnějšími z nich byly povodně roku 1714 (Elleder 2008, Munzar & kol. 2015) a 1862 (Elleder 2008, Hladný 2009). Na několika místech byly povodně přímo zaměřeny. Značky, nejčastěji dokládající výšku hladiny při povodni v letech 1845, 1862, 1888, 1891, 1909 a 1926, často souvisejí s někdejší existencí mlýnů, skláren a dalších objektů svou výrobou závislých na činnosti vodního toku (Elleder 2008). Řada těchto značek byla však podle autora v minulosti zlikvidována.

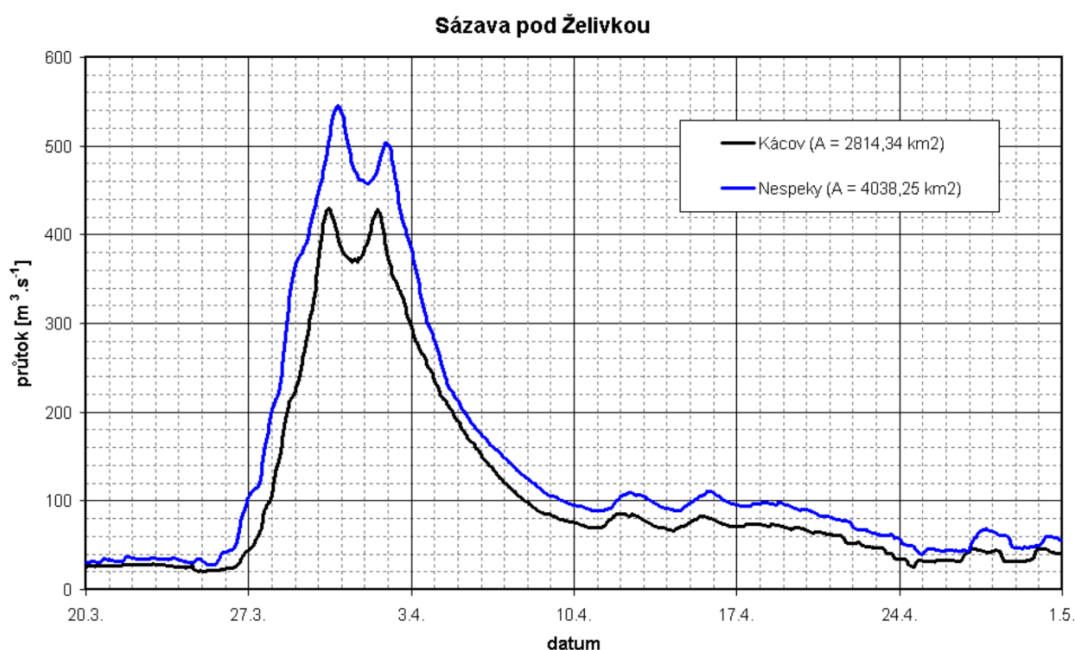
Přehled povodňových událostí v historii vytvořený Ellederem (2008) umožňuje sledovat trendy v načasování povodní během roku i jejich frekvenci. Nejvýznamnější část historicky doložených povodní spadá do období konce zimy, frekvence se pak zvyšuje v období květen–červenec. Letní povodně objevující se v měsících srpnu a září jsou na Sázavě spíše výjimečné (Elleder 2008). Takovou událostí byl i případ z léta 2002. Povodeň byla způsobena postupem dvou tlakových níží přes střední Evropu, nicméně i přes ničivé účinky v povodí Vltavy se na Sázavě neprojevila příliš výrazně. V Nespekách byla dosažena úroveň Q_5 – Q_{10} (Elleder 2008).

4.4.2 Povodeň na jaře 2006

Jarní povodeň v roce 2006 byla zapříčiněna zejména velkým množstvím tajícího sněhu a doprovodných dešťových srážek v teplejším období v druhé polovině března. Souhrnná zpráva o povodni (Šercl 2006) uvádí, že povodňové situaci předcházelo dlouhé období podprůměrných teplot, které znemožňovaly průběžné odtávání sněhové pokrývky, jež tak byla na konci zimy 2005/2006 na území Česka relativně mocná.

Pro povodí Sázavy bylo z hlediska jarní povodně zásadní množství vody akumulované ve sněhu v oblasti Českomoravské vrchoviny (Šercl 2006). Prudké oteplení na konci března způsobené prouděním teplého a vlhkého vzduchu, přinášející s sebou navíc i déšť ve všech polohách, tání sněhové pokrývky značně podpořilo (Šercl 2006).

Kromě Sázavy a jejích přítoků byly významně zasaženy i Lužnice, Dyje, Jihlava, Morava v oblasti přítoků Moravské Sázavy a Třebůvky a některé další menší nebo střední toky, např. Metuje, Doubrava, Mrlina aj. (Šercl 2006). Významný vzestup průtoků na zasažených vodních tocích byl zaznamenán 26. března, ke kulminaci došlo zpravidla v období od 28. března do 1. dubna (Šercl 2006). Koncem března toho roku dosahoval maximální průtok Sázavy v Nespekách více než dvacetinásobku běžného stavu (Obrázek 8) (Šercl 2006). Tyto hodnoty řadí jarní povodeň z roku 2006 mezi tři největší sázavské povodně za celou dobu pozorování (Povodí Vltavy 2020).



Obrázek 8. Vývoj povodňové vlny na Sázavě pod soutokem s Želivkou na profilech Kácov a Nespeky. (Šercl 2006)

Extremita povodňových událostí je vyhodnocována zpravidla ČHMÚ na základě opakování kulminačních průtoků. Extremita jarní povodně v roce 2006 však spočívala navíc v jejím dlouhém trvání, některé vodní toky vykazovaly vysoké hodnoty průtoků téměř dva týdny, a zejména v množství proteklé vody během povodně (Šercl 2006). Narozdíl od povodí Lužnice, kde byla výchozí situace ohledně zásob vody ve sněhové pokrývce velmi podobná povodí Sázavy (Šercl 2006), postrádá Sázava možnost retence vody ve vodních dílech. Vodní dílo Švihov na Želivce, jež je největším vodním dílem v povodí Sázavy, není možné využít k zachycování povodňových průtoků, neboť je zde nutno dodržovat jakost vody pro vodárenské odběry (Šercl 2006).

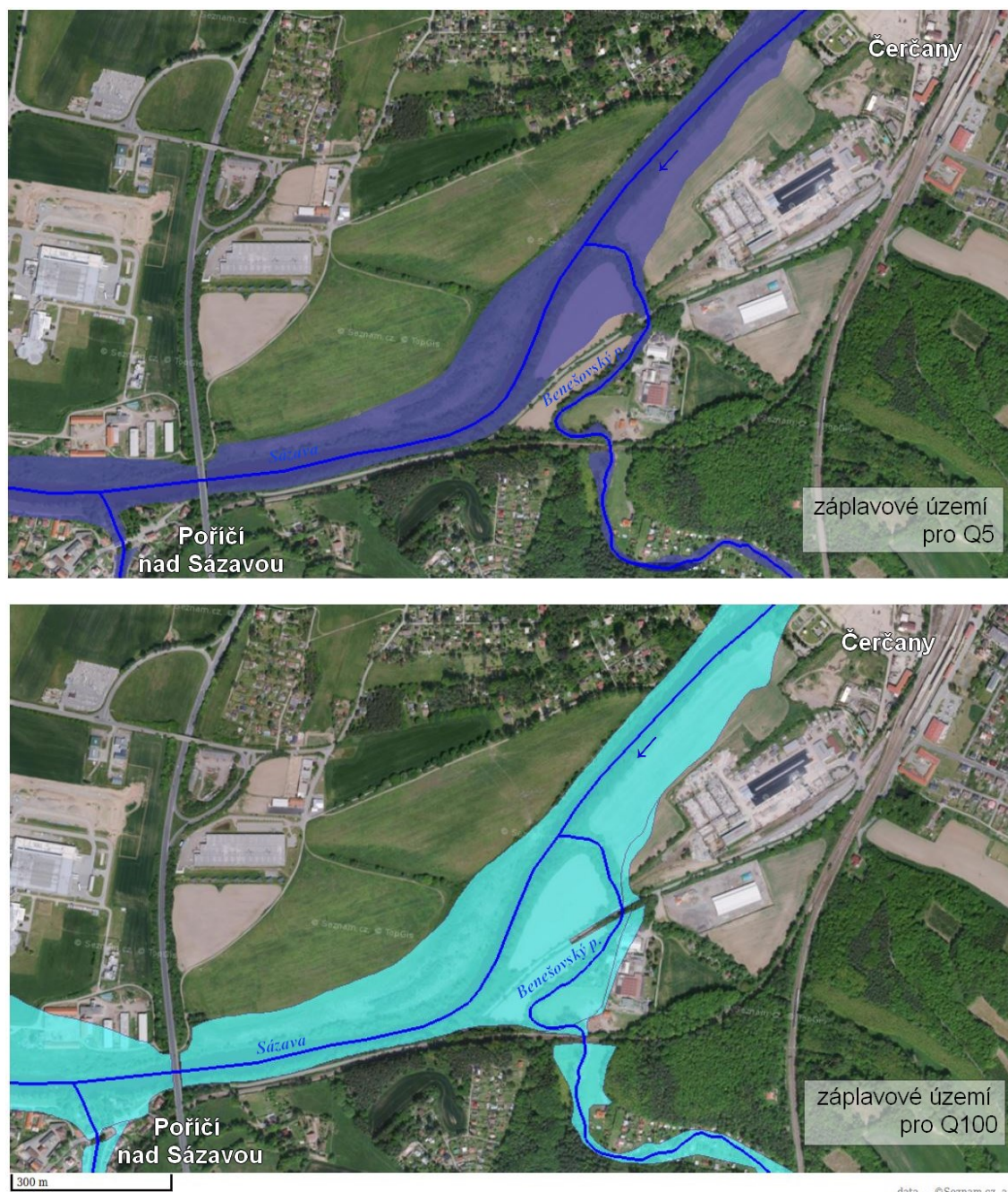
4.4.2.1 Následky jarní povodně v roce 2006

V celém mapovaném území zanechala tehdejší jarní povodeň vrstvu sedimentovaného materiálu o mocnosti až 0,5 m (Chuman & kol. 2007). Naopak výraznou erozí byla postižena pouze oblast u Poříčí nad Sázavou, kde vedly vysoké průtoky Benešovského potoka, jenž v těchto místech do Sázavy ústí, k vybřežení Sázavy. Následná rozsáhlá plošná eroze (cca 17 000 m³ odnesené hmoty) v nivě byla umocněna jejím nevhodným využitím (Chuman & kol. 2007). Říční niva Sázavy byla v této lokalitě užívána jako orná půda, která z jara navíc nebyla chráněna vegetací. Dalším faktorem, který značnou měrou usnadnil odnos takového množství materiálu, bylo dlouhodobé technogenní zhutňování podorničí – půdní vrstva takových vlastností působí v podobných případech jako odlučná plocha. Následkem této rozsáhlé eroze vznikly na místě dvě laguny o rozloze 930 m² a 540 m² a o hloubkách 2 a 1,5 m (Chuman & kol. 2007).

Jarní povodeň na Sázavě byla z hlediska množství vody, která za dobu jejího trvání korytem protekla, extrémní (Šercl 2006). Došlo tehdy k zaplavení říční nivy, v některých místech voda její hranici dokonce přesáhla (Šercl 2006, Křížek 2008). Část Sázavy byla mapována Křížkem (2008), jehož výzkum byl zaměřen na rozložení a charakter geomorfologických tvarů vzniklých během tehdejší povodňové události. V mapovaném úseku během jarní povodně převážily akumulární procesy nad erozními (Křížek 2008). Nejvíce povodňových akumulací z mapovaného úseku Sázavy se vyskytuje právě v zájmovém území, v okolí Čerčan. Terénní tvary vzniklé akumulací materiálu je však v současné době již obtížné vylišit, neboť do nivního prostředí bývají rychle začleňovány a přestávají být tak v relativně krátkém čase rozpoznatelné (Křížek & Engel 2007). Erozní tvary se v mapovaném úseku Sázavy vyskytovaly podstatně méně. Reprezentativním případem byl vznik dvou lagun u Poříčí nad Sázavou (Obrázek 9). K jejich vzniku došlo při vybřežení řeky, přičemž během povodně je síla vody v tomto místě znásobena ústím Benešovského potoka (Šercl 2006). Tato skutečnost pravděpodobně přispívá při povodních k vychýlení proudnice Sázavy v tomto místě a má tak za následek značný rozměr záplavového území i pro průtok Q₅ (Obrázek 10). Ke vzniku lagun a následnému zadržení vody v nich dle Šercla (2006) značně přispěl také přirozený příbřežní val. Obě dvě laguny byly bohužel v nadcházejících letech 2007 a 2008 zavezeny odpadním materiálem a alochtonní zeminou, čímž bylo znemožněno další studium přirozeného a spontánního vývoje vegetace (Chuman 2008a).



Obrázek 9. Jedna z lagun vzniklých během jarní povodně v roce 2006, výsledek rozsáhlé povodňové eroze v nivě u Poříčí nad Sázavou. (foto: V. Vilímek)



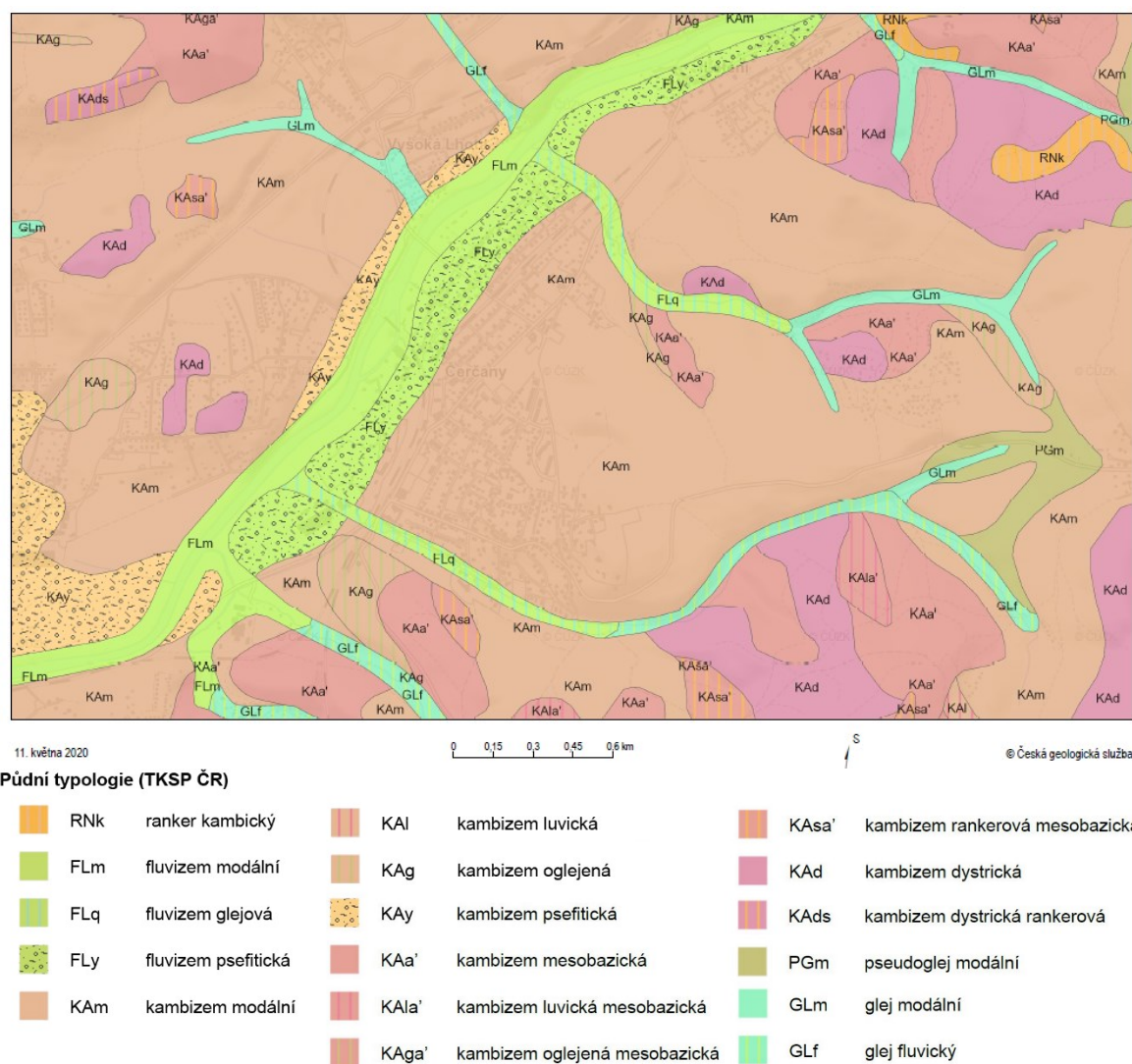
Obrázek 10. Záplavové území mezi obcemi Čerčany a Poříčí nad Sázavou, v oblasti ústí Benešovského potoka. Zdroj: Ortofotomapa ČR, Povodňový plán ČR (MŽP 2020)

Škody způsobené povodní byly podle Křížka (2008) eliminovány existencí relativně řídké zástavby v nivě. Křížek (2008) však v souvislosti s výzkumem geomorfologických tvarů mapovaných po jarní povodni poukazuje na problematiku staveb v korytě Sázavy, z nich řada svým umístěním podpořila vznik některých tvarů a umocnila účinky povodně. Negativní působení povodně v nivě bylo též podpořeno morfologií terénu a již zmíněným nevhodným využitím půdy (Chuman 2008a, Šercl 2006).

4.5 Půdní poměry a biota

Půdy údolních niv obecně nejsou zvláště pestré, neboť je utváří činnost vody – buďto formou pravidelných záplav anebo je ovlivňuje vysoká hladina podzemní vody. Značnou variabilitu lze však zaznamenat na úrovni půdních subtypů, např. u fluvizemí (Šefrna 2007), jež údolní nivu zpravidla vyplňují.

Pro zájmové území je v menším měřítku typická kambizem, zpravidla modální. V některých částech se vyskytuje i kambizem eutrofní, a to v blízkosti vodního toku Sázavy. Menší rozlohu zaujímají v území pseudogleje (Půdní mapa 1 : 50 000). Při pohledu detailnějším jsou půdní poměry o něco složitější, což souvisí s činností vodních toků (Obrázek 11). Bezprostřední okolí koryta Sázavy je charakterizováno výskytem fluvizemí modálních, na jesebních březích meandrů jsou často přítomny regozemě nebo kambizemě psefitické, nevelké areály zaujímají na svazích údolí Sázavy též rankery. Výskyt půdních typů s hydromorfními znaky např. fluvizemí glejových nebo glejí je vázán na hořejší části drobnějších vodních toků, přítoků Sázavy. (Půdní mapa 1 : 50 000)



Obrázek 11. Půdní poměry v okolí Čerčan, na nejdolejším úseku zájmového území. Zdroj: Půdní mapa 1 : 50 000

Vegetace zájmového území spadá do společenstev odpovídající temperátnímu pásu (českomoravského mezofytika), konkrétně do fytogeografického okresu 41. Střední Povltaví (Skalický 1988). Dle Culka & kol. (2005) je zájmové území řazeno do Posázavského bioregionu (provincie středoevropských listnatých lesů). Tento bioregion se z větší části nachází ve čtvrtém, bukovém vegetačním stupni (Demek & Mackovčín 2006). Potenciálně přirozenou vegetací jsou v oblasti dle Neuhauslové & kol. (1998) z větší části černýšové dubohabřiny (*Melampyro nemorosi-Carpintetum*). Hořejší část zkoumaného úseku řeky doprovázejí na levém břehu lipové bučiny s lípou srdčitou (*Tilio cordatae-Fagetum*) a na pravém pak žindavové jedliny (*Saniculo europaeae-Abietetum*, Neuhauslová & kol. 1998). Autoři Culek & kol. (2005) a Ložek & kol. (2005) jako

potenciálně přirozenou vegetaci Posázavského bioregionu uvádějí navíc acidofilní doubravy (*Genisto germanicae-Quercion*).

Vegetace říčních niv je v našich podmínkách reprezentována nejčastěji biotopy mokřadních olšin a lužních lesů (Chytrý & kol. 2010). **Lužní lesy** jsou pro říční a potoční aluvia typické. Obecně se jedná o světlé lesní porosty, jimž dominují druhy snášející dočasné zamokření půdy způsobované záplavami. Typickými zástupci druhů lužních lesů Posázaví jsou olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), jasan (*Fraxinus excelsior*), jilmy (*Ulmus minor* a *U. laevis*), vrby (*Salix alba* a *S. fragilis*), topoly (*Populus alba* a *P. nigra*) a dub letní (*Quercus robur*). Zástupcem keřového patra je nejčastěji bez černý (*Sambucus nigra*). Pro bylinné patro je charakteristický výskyt vlhkomilných druhů, rozšířené jsou zejména druhy bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria*), česnáček lékařský (*Alliaria petiolata*), blatouch bahenní (*Caltha palustris*), kuklík městský (*Geum urbanum*) a řada dalších. Mechové patro zde zpravidla není zastoupeno. V souvislosti s charakteristikou zájmového území dolní Sázavy lze na základě Chytrého & kol. (2010) konkrétněji hovořit o biotopu **údolních jasanovo-olšových luhů** (katalogové číslo L2.2), s příměsí dalších listnatých stromů, především javorů (*Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*) či střemch (*Prunus padus*) a lip (*Tilia cordata*). Mimo to je keřové patro jasanovo-olšových luhů druhově bohatší, často se v něm nachází množství zmlazených dřevin patra stromového.

Výskyt **mokřadních olšin** je stejně jako výskyt lužních lesů vázán na prostředí ovlivňované vodou. Biotop se rozkládá zpravidla v zamokřených terénních sníženinách a širších říčních nivách v nadmořských výškách mezi 150 a 400 m n. m. (Chytrý & kol. 2010). Typickým zástupcem stromového patra mokřadních olšin je především olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), v keřovém patře lze v mokřadních olšinách nalézt jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*) nebo ostružiník maliník (*Rubus idaeus*). Bylinné patro může být značně variabilní. Jeho druhová skladba je úzce spjata s terénními tvary, od jejichž podoby se přímo odvíjí hydrické a trofické podmínky. Na vyvýšených místech je běžný výskyt relativně suchomilných druhů, např. kaprad' (*Dryopteris carthusiana*), krabilice (*Chaerophyllum hirsutum*) a další. Nejtypičtějším druhem bylinného patra jsou pro mokřadní olšiny ostřice (*Carex*), výjimečná není ani přítomnost dalších vlhkomilných bylin – třtiny šedavé (*Calamagrostis canescens*), karbince evropského (*Lycopus europaeus*) nebo vrbiny obecné (*Lysimachia vulgaris*).

Charakter údolí Sázavy a samotného vodního toku umožňuje existenci značného množství typů rostlinných společenstev (AOPK 2017). Kromě dvou jmenovaných biotopů nejtypičtějších pro okolí vodních toků se lze v zájmovém úseku Sázavy dále setkat se společenstvy vodních toků a nádrží (V1), mokřadů a pobřežní vegetace (M1.4 a M1.7), s biotopy sekundárních trávníků a vřesovišť (T3.1 a T3.5) a teplomilných doubrav (T6.5) (Chytrý & kol. 2010). Porosty břehů jsou reprezentovány zpravidla střídajícími se vrbovými křovinami na hlinitých a písčitých náplavech a říčními rákosinami či zmíněnými jasanovo-olšovými luhy. Z důvodu zemědělského způsobu využití krajiny jsou ekosystémy zatíženy eutrofizujícími prvky dusíkem a fosforem (Ložek 2003b). Na některých místech se proto v hojném zastoupení vyskytují ruderalní druhy, např. kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*) nebo svízel přítula (*Galium aparine*) (AOPK 2017). Vegetační společenstva se nadto v některých úsecích Sázavy potýkají s invazemi nepůvodních druhů, jedná se zejména o netýkavku žláznatou (*Impatiens glandulifera*). Podrobně se problematice invazních druhů v břehové vegetaci Sázavy věnuje ve své práci Matějček (2009).

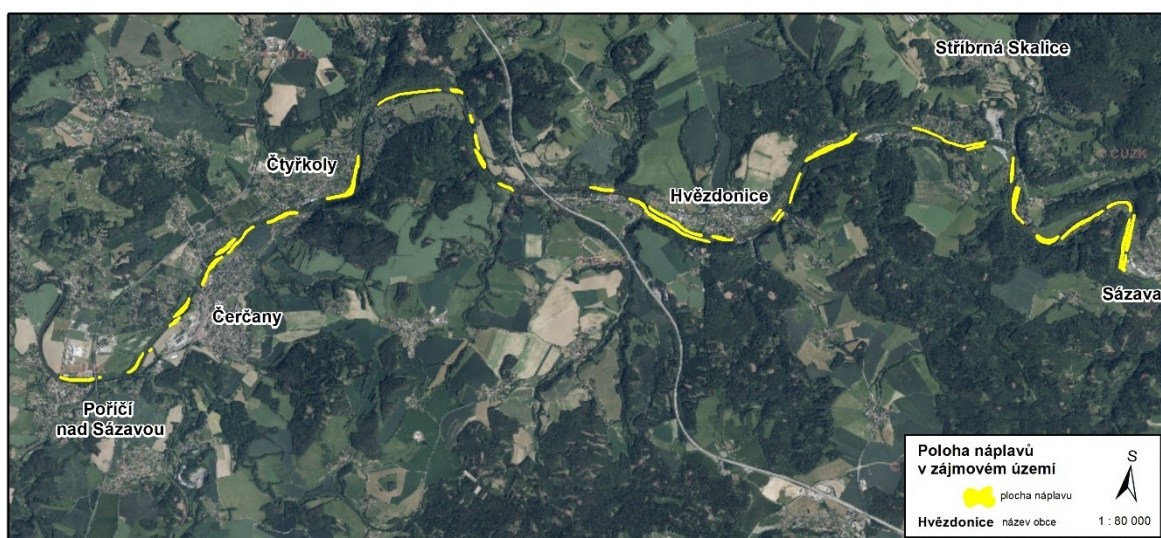
Ochrana přírody je v zájmovém území zastoupena existencí Evropsky významné lokality (EVL) Dolní Sázava. Území této EVL je tvořeno úsekem vodního toku Sázavy od soutoku s Blanicí po ústí do Vltavy, zaujímá bezmála 80 km vodního toku Sázavy. Ve sledovaném úseku Sázavy se dále nachází EVL Posázavské bučiny, jež se skládá ze 4 oddělených jednotek. Jednou z nich je přímo v zájmovém území Národní přírodní rezervace (NPR) Ve Studeném (Obrázek 4), jež se nachází v katastrálním území obce Chocerady na levém břehu meandru řeky Sázavy na severním svahu Spáleného vrchu (459 m n. m.) v oblasti Divišovské vrchoviny. Ochrana se na tuto lokalitu vztahuje z důvodu výskytu přirozených a zachovalých lesních porostů společenstev květnatých bučin, habrových doubrav, suťových lesů a některých druhů hub a měkkýšů (Culek & kol. 2005, Ložek & kol. 2005, Maršáková-Němejcová & kol. 1977).

5 METODIKA

Cílem práce bylo zdokumentovat a zanalyzovat vývoj vegetačních společenstev v nivě Sázavy mezi Sázavou a Poříčím nad Sázavou po jarní povodni v roce 2006 a zjistit, zda se liší trajektorie sukcese na plochách, kde došlo k sedimentaci náplavů, a plochách bez náplavů v zaplavené části nivy. Plochy s náplavy a rozsah záplavy byly vymapovány po povodni v roce 2006 (Obrázek 12) (Chuman & kol. 2007).

V souvislosti s cílem práce byly stanoveny následující otázky:

- 1) Liší se plochy s náplavem a plochy bez náplavu druhovým složením?
- 2) Liší se plochy s náplavem a plochy bez náplavu druhovou diverzitou vyšších rostlin?
- 3) Liší se plochy s náplavem a plochy bez náplavu počtem nepůvodních druhů vyšších rostlin?
- 4) Liší se plochy s náplavem a plochy bez náplavu počtem invazních druhů vyšších rostlin?



Obrázek 12. Poloha náplavů v zájmovém území podle Chumana & kol. (2007). Zdroj: Ortofoto ČR

5.1 Pořízení dat

V původní studii (Chuman & kol. 2007) bylo po povodni provedeno terénní mapování do Základní mapy 1 : 10 000. Během tohoto mapování byl vymezen rozsah záplavy a dále byly vymezeny plochy, na kterých došlo během extrémní povodňové události na jaře v roce 2006 k výrazné erozi nebo naopak sedimentaci materiálu. Tyto mapované plochy

byly použity k vymezení studijních ploch pro potřeby této práce a zodpovězení položených otázek. V prvé řadě byla zhodnocena vhodnost jednotlivých ploch k hodnocení vývoje vegetace. Vhodnost plochy pro pořízení fytocenologických snímků byla posuzována ještě před terénními pracemi na základě mapových podkladů, následně pak i přímo v terénu. To, zda je plocha vhodná ke sledování vývoje vegetačních společenstev, záleželo především na absenci údržby vegetačního porostu. Mimo to, některé lokality neumožňovaly umístění porovnávacích snímků. Každé z 38 náplavových ploch byla přidělena třída udávající její stav v souvislosti se sběrem dat.

Třídy byly určeny následovně:

- 1 – plochy vhodné ke sběru dat
- 2 – přirozený vývoj vegetace pouze mimo náplav
- 3 – přirozený vývoj vegetace pouze na náplavu

Sběr dat z vytyčených snímků probíhal vždy pro dvojici ploch (plocha na náplavu a plocha mimo náplav – viz dále kapitulu 5.1.1). Třídy 2 nebo 3 byly přiřazeny plochám v případě, že se minimálně na jednom typu plochy ve dvojici (plocha na náplavu nebo plocha mimo náplav) vegetace přirozeně nevyvíjí. Na těchto místech v minulosti došlo ke znehodnocení spontánního vývoje vegetačního pokryvu jeho údržbou, nebylo proto možné zde snímkovací plochy vytyčit a provést sběr dat.

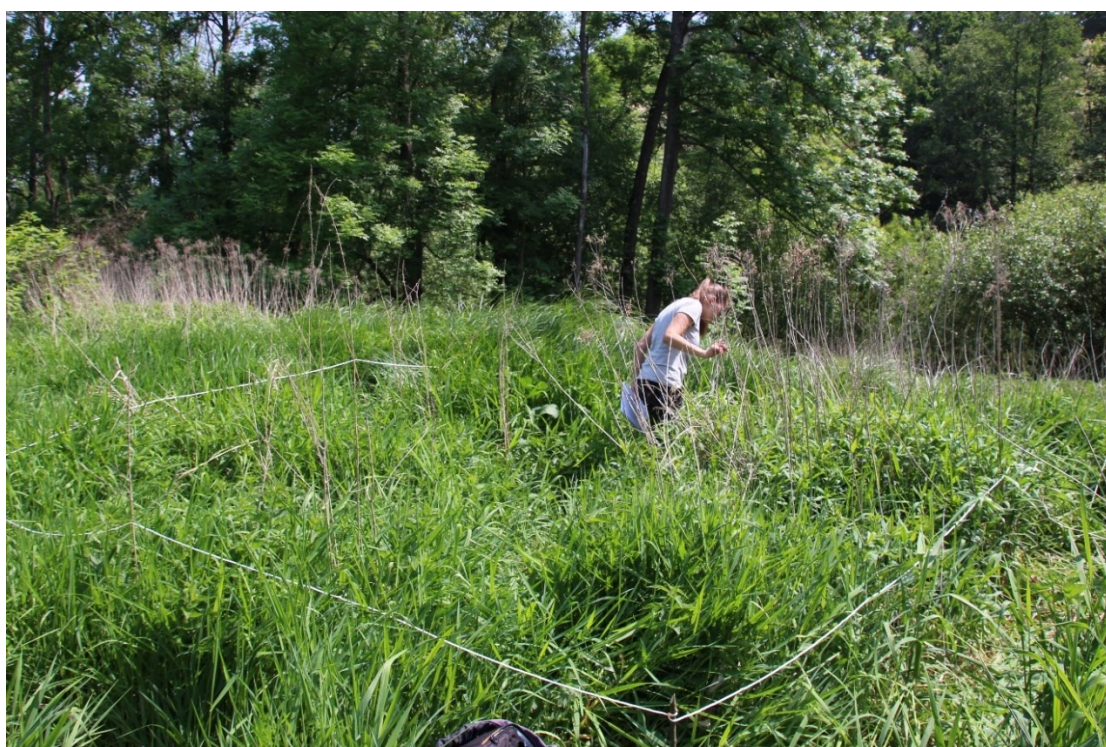
5.1.1 Sběr dat

Na plochách, jež byly shledány vhodnými pro sběr dat, bylo následně provedeno fytocenologické snímkování, a to v období během dvou po sobě jdoucích vegetačních sezon (květen–září 2018 a květen–červenec 2019) přibližně každý měsíc, aby byla zachycena většina druhů, které se na plochách v průběhu vegetační sezóny projevují. V každé zmapované ploše náplavu, v níž evidentně probíhá vývoj vegetace bez významnějšího zásahu člověka, byly náhodně umístěny mapovací čtverce o rozměrech 4x4 m (Obrázek 13). Ke každému čtverci na ploše náplavu byl do dvojice vytyčen čtverec mimo tento náplav, přičemž minimální vzdálenost mezi nimi byla stanovena na 25 m ve směru kolmém na tok Sázavy. Dvojice čtverců byly tvořeny záměrně, a to z důvodu porovnání průběhu sukcese na ploše náplavu a mimo něj. V rámci každého vytyčeného čtverce bylo zjišťováno druhové složení. Dále byla pro každý čtverec vizuálně odhadována pokryvnost zaznamenaných druhů a jednotlivých vegetačních pater pomocí původní sedmistupňové Braun-Blanquetovy stupnice abundance a dominance. Pro následující

zpracování fytocenologických snímků byla tato stupnice pokryvnosti převedena na průměrnou procentuální pokryvnost podle Herben & Münzbergové (2002) (Tabulka 2).

Tabulka 2. Převod jednotlivých tříd Braun-Blanquetovy stupnice abundance a dominance na průměrné procentuální hodnoty pokryvnosti (Herben & Münzbergová 2002).

třída Braun-Blanquetovy stupnice	průměrná pokryvnost
r	1 %
+	2 %
1	3 %
2	13 %
3	38 %
4	63 %
5	88 %



Obrázek 13. Terénní sběr dat. Mapovací čtverec na ploše s náplavem u Poříčí nad Sázavou, květen 2018. (foto: T. Chuman)

5.2 Druhová diverzita

Významnou částí práce bylo vyhodnocení rozdílů ve druhové diverzitě mezi plochami s náplavem a plochami bez náplavu. Druhová diverzita byla vyhodnocována jak na základě údajů o prostém počtu druhů v každém snímku, tak i pomocí Shannonova indexu diverzity, který zohledňuje nejen počet druhů, ale i velikosti jejich populací, dle následujícího vztahu:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

kde p_i je podíl zastoupení (pokryvnosti) druhu i k celkové pokryvnosti všech zaznamenaných druhů a S je celkový počet druhů ve snímku.

Pro testování hypotézy, zda se plochy s náplavem a plochy bez náplavu prokazatelně liší druhovou diverzitou, byl použit dvouvýběrový párový t-test středních hodnot v prostředí Microsoft Excel (Microsoft Corporation 2019). Párový t-test byl vybrán z podstaty způsobu sběru dat, kdy každému snímku na náplavu byl do dvojice ve stejné lokalitě přiřazen snímek na blízké ploše bez náplavu. Snímky proto bylo třeba umisťovat v terénu relativně blízko sebe.

Tato statistická metoda by měla eliminovat vliv umístění plochy v závislosti na úseku (tedy říčním km) vodního toku. Délka zájmového úseku Sázavy je dostatečná k tomu, aby se mohl projevit rozdíl v zásobě semen „po toku“. Tedy že v dolní (po směru toku Sázavy) části studovaného úseku toku (okolí Poříčí nad Sázavou) mohou některé druhy oproti lokalitám na horním úseku studované části toku Sázavy (okolí obce Pyskočely) chybět.

5.3 Druhové složení

Rozdíly ve druhovém složení, a tedy odhalení možných preferencí některých druhů rostlin z hlediska umístění na ploše s náplavem či ploše bez náplavu, bylo provedeno prostřednictvím mnohorozměrných analýz v prostředí programu CANOCO for Windows 4.5 (ter Braak & Šmilauer 2002). Následná vizualizace výsledků proběhla v prostředí programu CanoDraw (Herben & Münzbergová 2002, ter Braak & Šmilauer 2002). Soubor dat byl v první řadě podroben detrendované korespondenční analýze (DCA), jejíž výsledky rozhodly o použití unimodální mnohorozměrné analýzy v dalším kroku. Následně byla data analyzována prostřednictvím přímé mnohorozměrné unimodální kanonické korespondenční analýzy (CCA).

5.4 Nepůvodní druhy

Porovnání rozdílnosti ploch s náplavem a ploch bez náplavu z hlediska zastoupení nepůvodních druhů ve vegetačním krytu bylo provedeno statistickým párovým t-testem.

Testováno bylo, zda se liší míra rozšíření nepůvodních druhů mezi typy ploch (plochy s náplavem a plochy bez náplavu), tedy zda dochází spolu se sedimentem k rozšiřování diaspor nepůvodních druhů. V rámci zjišťování výskytu a rozšíření nepůvodních druhů byla zpracována a analyzována také podmnožina invazních druhů.

V rozšíření nepůvodních a invazních druhů sehrává důležitou roli i údaj o jejich pokryvnosti. Pro nepůvodní druhy byly proto spočítány hodnoty Shannonova indexu diverzity podle vztahu:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

kde p_i je v tomto případě podíl zastoupení (pokryvnosti) nepůvodního druhu i k celkové pokryvnosti všech nepůvodních druhů a S je celkový počet nepůvodních druhů ve snímku.

Následně byly i tyto hodnoty pro plochy s náplavem a plochy bez náplavu testovány statistickým párovým t-testem, přičemž jeho výsledek měl poukázat na případnou rozdílnost míry výskytu nepůvodních druhů mezi oběma typy ploch.

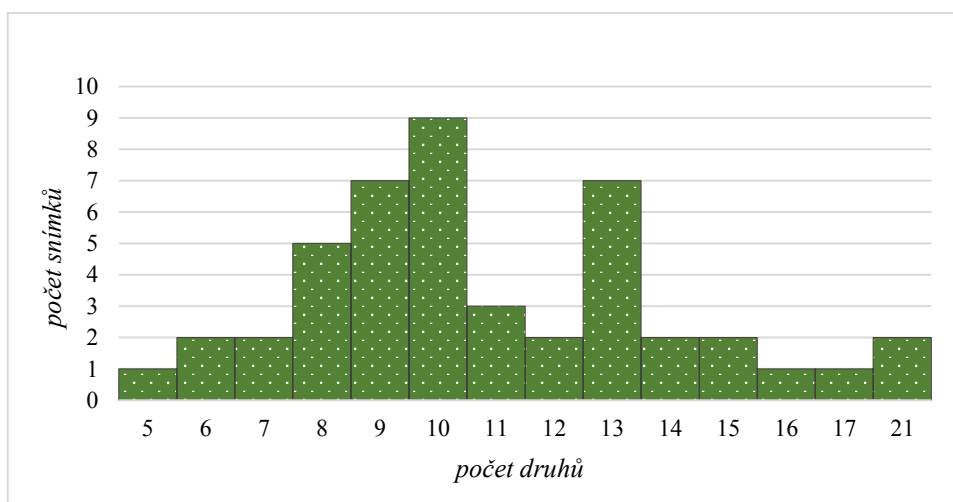
5.5 Struktura porostů

Struktura porostů v jednotlivých snímcích byla v prvním kroku stanovována odhadem pokryvnosti jednotlivých vegetačních pater – bylinného, keřového a stromového patra. Do keřového patra byly řazeny dřeviny o výšce vyšší než cca 1 m a menší než cca 3 m (Moravec & Jeník 1994). Testován byl rozdíl druhového složení mezi plochami s náplavem a plochami bez náplavu, přičemž pokryvnost jednotlivých pater vstoupila do analýzy jako kovariáta a mohl tak být odfiltrován vliv struktury porostu (míry zastínění) na druhové složení.

Data byla analyzována v prostředí programu CANOCO 4.5. Pro analýzu byla použita kanonická korespondenční analýza (CCA). Toto zpracování dat mělo objasnit další gradient, podle nějž jsou druhy uspořádány.

6 VÝSLEDKY

Na sledovaných plochách o celkovém počtu 46 bylo nalezeno a určeno 86 druhů cévnatých rostlin. Na plochách s náplavem bylo určeno celkem 62 druhů, na plochách bez náplavu 76 druhů. Nejmenší počet 5 zjištěných druhů ve snímku byl pouze v jednom případě, nejvyšší počet (21 druhů) pak ve dvou případech (Obrázek 14).



Obrázek 14. Frekvence počtu druhů ve snímcích pro celý soubor 46 snímků.

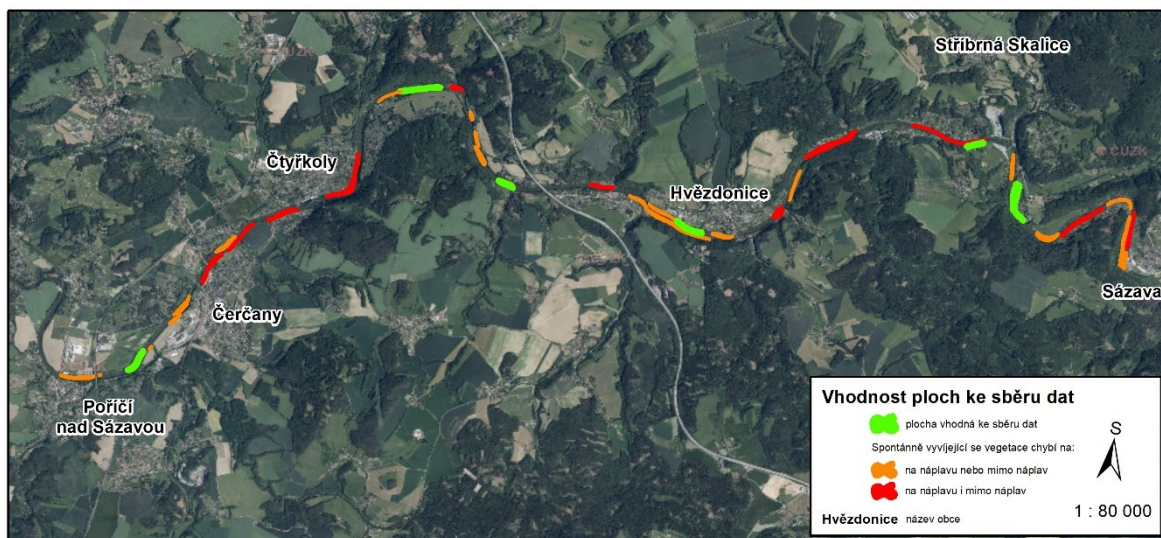
6.1 Vhodnost ploch

Prvním krokem práce v terénu bylo rozhodnutí, zda jsou jednotlivé náplavové plochy vytyčené po jarní povodňové události v roce 2006 pro sběr fytocenologických dat v souvislosti s přirozeným vývojem vegetace vůbec vhodné. Vzhledem k poměrně dlouhému časovému odstupu od povodňové události a značné míře antropogenních aktivit v nivě nebylo možné na většině ploch data pro zhodnocení sukcese vegetace získat (Obrázek 15).



Obrázek 15. Příklady ploch nevhodných ke sběru dat z důvodu údržby vegetace. Ve většině případů chyběla spontánně se vyvíjející vegetace mimo náplav (snímky 1 a 2), v některých případech naopak na náplavu (snímek 3). Nebylo tak možné získat data pro dvojici plocha s náplavem a plocha bez náplavu. V ojedinělých případech byl porost udržován v celé lokalitě (snímek 4), spontánně se vyvíjející vegetace se na těchto místech vůbec nevyskytovala. 1 – Dubsko (Kaliště), 2 – Čerčany, 3 – outdoor centrum Poddubí (Senohraby), 4 – Lštění.

Situace, kdy byla vegetace různými způsoby antropogenně ovlivněna na plochách s náplavem, nastala ve 31,6 % případů. Více než polovině (52,6 %) z celkového počtu vytyčených ploch s náplavem pak do páru chyběly potenciální porovnávací plochy v lokalitách bez náplavu. Většinou byla vegetace na těchto plochách ovlivněna údržbou, a to zpravidla v okolí rekreačních či hospodářských objektů. Sběr dat tak mohl proběhnout na pouhých 15,8 % ploch s náplavem (Obrázek 16), na nichž bylo vytyčeno celkem 23 snímkovacích ploch.



Obrázek 16. Zájmové území a vhodnost ploch vzhledem k možnosti sběru fytoocenologických dat.
Zdroj: Ortofoto ČR

6.2 Druhová diverzita

Nejvyšší počet druhů (21) ve snímku byl zjištěn ve dvou případech. Obě plochy se nacházely mimo náplav ve stejné lokalitě u Poříčí nad Sázavou. Další druhově relativně bohaté snímky se 17 a 16 druhů byly nalezeny opět u Poříčí nad Sázavou, opět mimo náplav, a v jednom případě i na ploše s náplavem na levém břehu Sázavy u obce Zlenice. Naopak druhově méně rozmanité snímky byly zaznamenány zejména v horní části zájmového úseku řeky Sázavy, a to především u obcí Pyskočely a Stříbrná Skalice (5 až 7 druhů ve snímku). Druhově méně bohaté lokality byly nicméně pozorovány i na středním úseku zájmového území Sázavy u Chocerad (6 druhů ve snímku) a na dolním studovaném úseku toku u Poříčí nad Sázavou (9 druhů a méně), avšak v menší míře.

Na základě výsledků provedeného dvouvýběrového párového t-testu na střední hodnotu nebylo možné zamítnout testovanou hypotézu o rozdílu ve druhové diverzitě mezi plochami s náplavem a plochami bez náplavu. Mezi plochami náplavu a mimo něj tedy neexistují statisticky prokazatelné rozdíly v počtu druhů (Tabulka 3).

Tabulka 3. Výsledek dvouvýběrového párového t-testu na rovnost středních hodnot. Testován byl rozdíl v počtu druhů vyšších rostlin mezi plochami s náplavem a plochami bez náplavu.

Počet druhů		
	plochy	
	s náplavem	bez náplavu
Střední hodnota	11	10,91
Rozptyl	6,91	17,36
Pozorování	23	23
Pearsonova korelace	0,26	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	22	
t Stat	0,10	
P(T<=t) (2)	0,92	
t krit (2)	2,07	

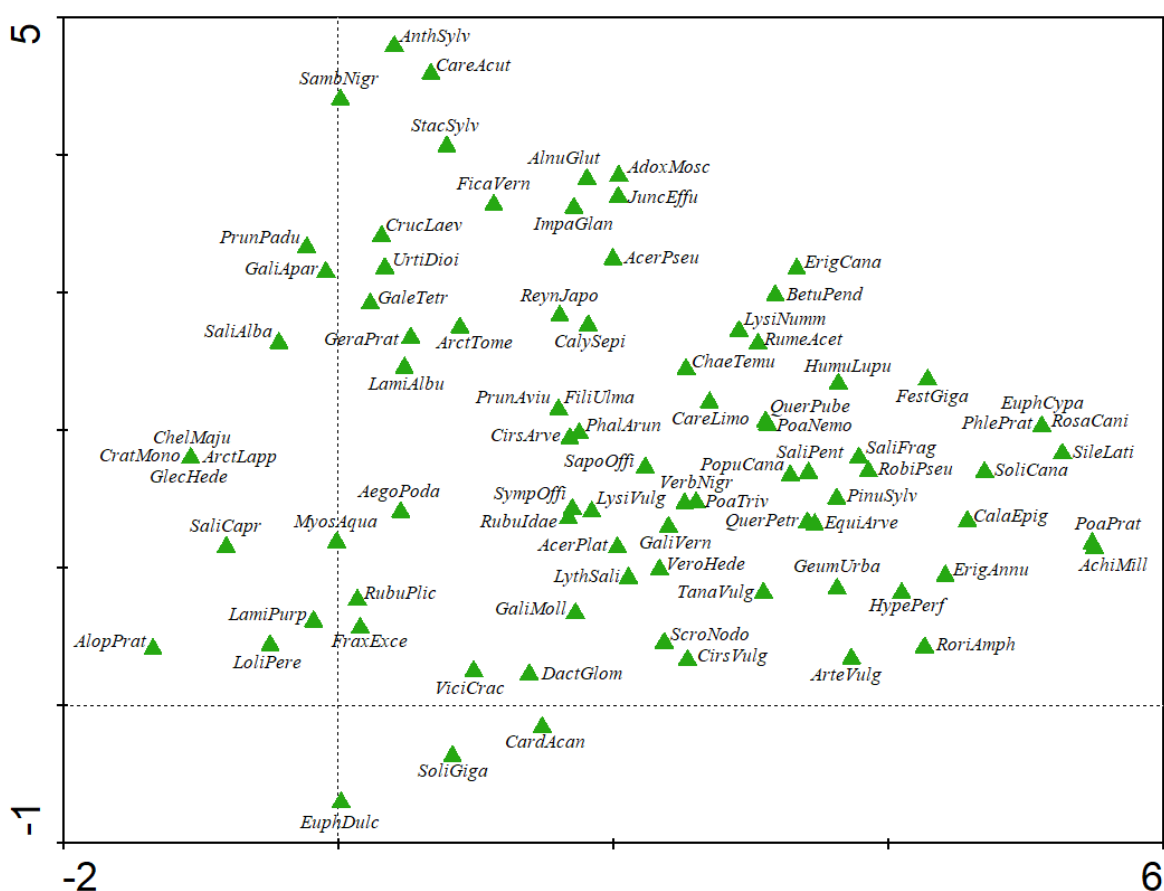
Testování téže hypotézy o rozdílu druhové diverzity mezi plochami s náplavem a plochami bez náplavu, tentokrát vyjádřené pomocí Shannonova indexu diverzity pro všechny snímkovací plochy, nevedlo k jejímu zamítnutí. Ani v tomto případě tedy neexistuje statisticky prokazatelný rozdíl ve druhové diverzitě mezi daty pořízenými na náplavu a mezi daty pořízenými mimo něj (Tabulka 4). U Shannonova indexu diverzity však byly výsledné hodnoty testování na hranici průkaznosti.

Tabulka 4. Výsledek dvouvýběrového párového t-testu na rovnost středních hodnot pro Shannonův index diverzity.

Shannonův index biodiverzity		
	plochy	
	s náplavem	bez náplavu
Střední hodnota	1,53	1,32
Rozptyl	0,07	0,14
Pozorování	23	23
Pearsonova korelace	-0,21	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	22	
t Stat	1,95	
P(T<=t) (2)	0,06	
t krit (2)	2,07	

6.3 Druhové složení

Výsledek prvotní analýzy dat v prostředí programu CANOCO 4.5, ordinační diagram DCA (Obrázek 15), ukázal značnou délku gradientu v datech (6,576). Pro zhodnocení rozdílu ve druhovém složení mezi plochami s náplavem a plochami bez náplavu byla tudíž vhodnější unimodální mnohorozměrná metoda (blíže viz Herben & Münzbergová 2002). Z tohoto důvodu byla v dalším zpracování dat použita byla kanonická korespondenční analýza (CCA).

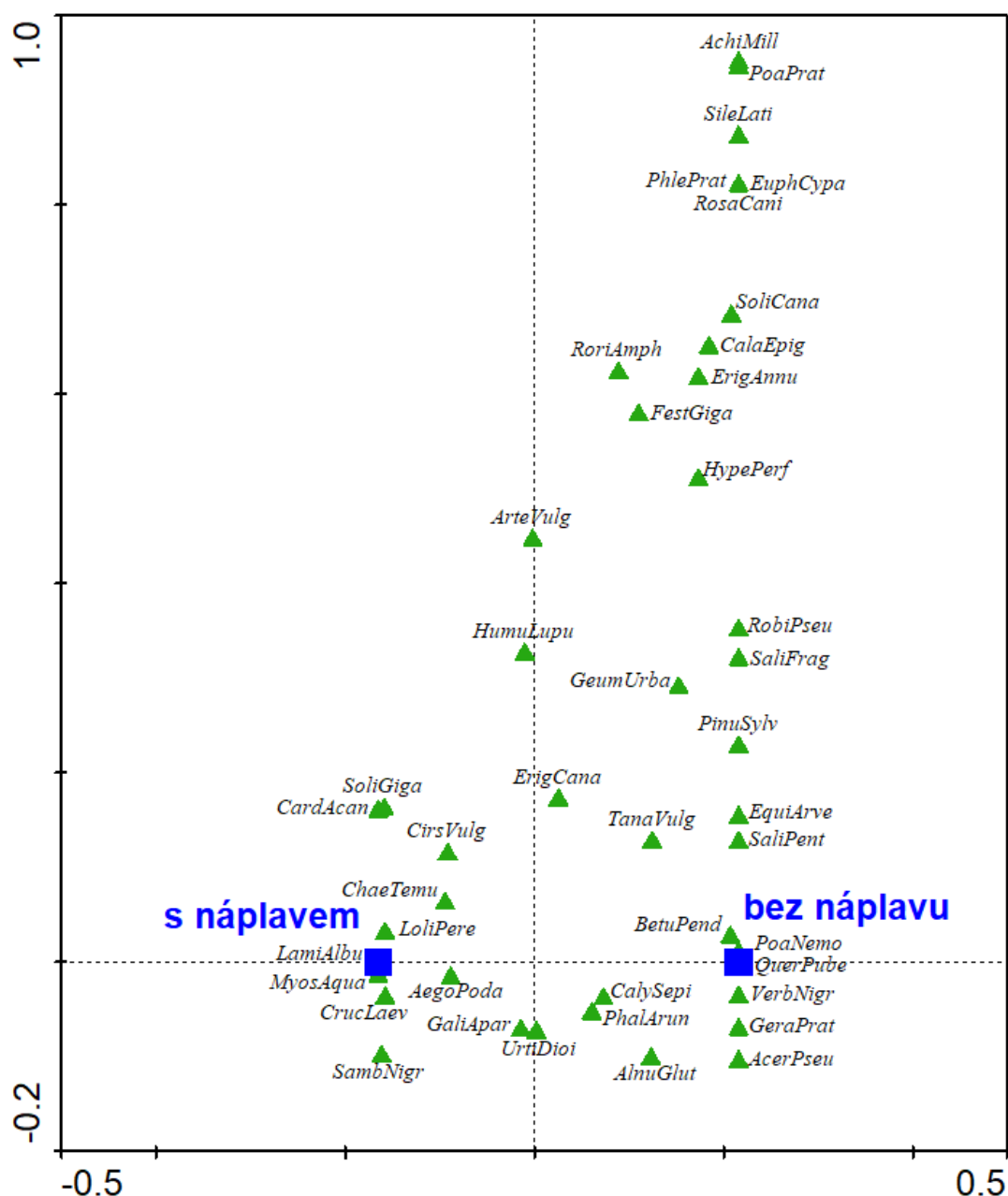


Obrázek 17. Ordinační diagram s výsledkem DCA analýzy. Zobrazeny jsou první a druhá ordinační osa a všechny zaznamenané druhy. Vysvětlení zkratk druhů je uvedeno v Příloze 1.

Účelem korespondenčních analýz je kvantifikace vztahů v souboru dat. Z Obrázku 17 by tak měly být patrné trendy projevující se v jejich struktuře, jež jsou reprezentovány 1. a 2. osou. Rozmístění bodů (zaznamenaných druhů) ve výsledném grafu se podobá klínu, jehož špiče je na pravé straně. O druzích, které se ve výsledném grafu vyskytují spolu, lze tvrdit, že se vyskytují pospolu i ve skutečnosti. To je možné vztáhnout na hustější shluk bodů (druhů) ve střední části Obrázku 17. Naopak značná vzdálenost

mezi některými body, např. kerblík lesní (*Anthriscus sylvaticus*) či bez černý (*Sambucus nigra*) a pryšec sladký (*Euphorbia dulcis*) svědčí o tom, že se tyto druhy nevyskytovaly v jednom snímku současně. Některé body reprezentují přítomnost více druhů. Zhruba ve střední části grafu jsou to vlevo vlaštovičník větší (*Chelidonium majus*), hloh jednosemenný (*Crataegus monogyna*), lopuch větší (*Arctium lappa*), popenec obecný (*Glechoma hederacea*), vpravo pak pryšec chvojka (*Euphorbia cyparissias*), růže šípková (*Rosa canina*) a bojínek luční (*Phleum pratense*). Tyto druhy byly v terénu naopak zaznamenávány často společně. Druhy koncentrované kolem průsečíku obou os nejsou oproti ostatním druhům výrazně profilovány. Nejbližší má k tomuto bodu jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), hluchavka bílá (*Lamium album*) a jílek vytrvalý (*Lolium perenne*).

Výsledek CCA ukázal, že se druhové složení průkazně liší mezi plochami na náplavech a plochami bez náplavu ($F = 1,707$ a $P = 0,008$). Umístění plochy, tzn. na plochách s náplavem a plochách mimo náplav vysvětluje 24,6 % variability ve druhovém složení (Obrázek 18).

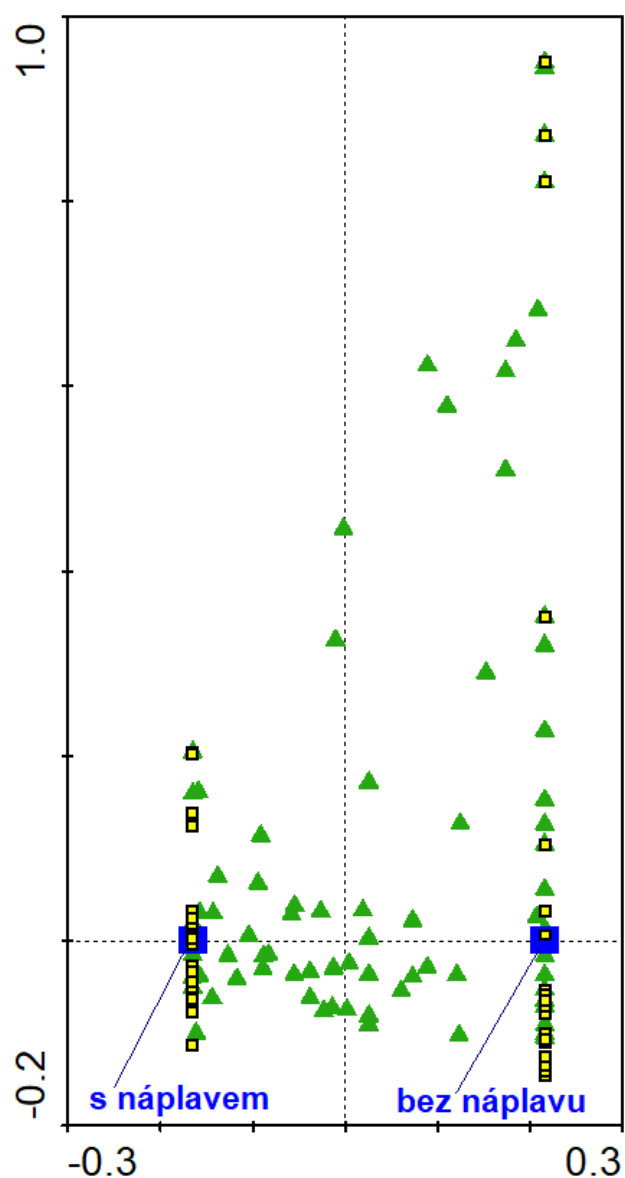


Obrázek 18. Ordinační diagram s výsledkem přímé unimodální analýzy CCA – druhové složení. Testován byl rozdíl v druhovém složení mezi plochami s náplavem a plochami bez náplavu. Zobrazena je 1. a 2. ordinační osa. Druhové složení mezi plochami na náplavu a mimo něj se statisticky průkazně liší a vysvětluje 24,6 % variability v datech ($F = 1,707$; $P = 0,008$). Na obrázku jsou zobrazeny druhy, jejichž variabilita je vysvětlena alespoň ze 4 % (43 druhů z celkového počtu 86). Vysvětlení zkratk druhů je uvedeno v Příloze 1.

Výsledek analýzy vizualizovaný v ordinačním diagramu ukazuje, které druhy byly nalezeny s větší pravděpodobností na plochách s náplavem a které naopak na plochách bez náplavu. Preference náplavových ploch bez většího vlivu vedlejšího gradientu 2. osy se ukázala být stěžejní pro hluchavku bílou (*Lamium album*), jílek vytrvalý (*Lolium perenne*) a křehkýš vodní (*Myosoton aquaticum*). Další druhy preferující výhradně náplav jsou již

více ovlivněny gradientem vyjádřeným vertikální osou. Patří mezi ně bez černý (*Sambucus nigra*), zlatobýl obrovský (*Solidago gigantea*) nebo bodlák obecný (*Carduus acanthoides*). Druhy vyskytující se s největší frekvencí a pokryvností na plochách bez náplavu jsou dalšími ekologickými podmínkami ovlivňovány mnohem více, jak ukazuje jejich rozložení podle druhé ordinační osy (Obrázek 18). Druhy vyskytující se mimo náplav, které nereflektují vedlejší gradient 2. osy, jsou reprezentovány zejména břízou bělokorou (*Betula pendula*), dubem pýřitým (*Quercus pubescens*) a lipnicí hajní (*Poa nemoralis*). Ostatní druhy jsou kromě preference ploch bez náplavů více či méně ovlivněny dalšími vlastnostmi prostředí, v němž se vyskytují. Větší vliv na výskyt např. řebříčku obecného (*Achillea millefolium*), lipnice luční (*Poa pratensis*) nebo silenky širolisté bílé (*Silene latifolia*) má již zmíněný sekundární gradient reprezentovaný vertikální osou. Výskyt některých druhů je ovlivněn v podstatě pouze gradientem, který osa 2 reprezentuje, jinak se vyskytují s podobnou frekvencí a pokryvností na obou typech ploch. Typickými zástupci jsou kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), chmel otáčivý (*Humulus lupulus*), svízel přítula (*Galium aparine*), turan roční (*Erigeron annuus*) nebo pelyněk černobýl (*Artemisia vulgaris*).

Variabilita gradientu podle vertikální osy se projevila i v rámci jednotlivých snímků. Pro přehlednost výsledků CCA byly body reprezentující snímky společně se všemi zaznamenanými druhy zaneseny do samostatného grafu (Obrázek 19).



Obrázek 19. Ordinační diagram s výsledkem přímé unimodální analýzy CCA – snímky a druhy. Zahrnutý jsou, na rozdíl od předchozího grafu, kromě druhů (zelené trojúhelníčky) i snímky (žluté čtverečky).

Z Obrázku 19 je u snímků na plochách bez náplavu patrná větší variabilita ve druhovém složení, což ukazuje protažení podle druhé ordinační osy a pravděpodobně reflektuje rozdíly ve stanovištních podmínkách.

Mezi druhy, které byly ve všech případech svého výskytu zaznamenány pouze mimo náplavové plochy, v celkovém počtu 26, patří: javor klen (*Acer pseudoplatanus*), řebříček obecný (*Achillea millefolium*), přeslička rolní (*Equisetum arvense*), pryšec chvojka (*Euphorbia cyparissias*), tužebník jilmový (*Filipendula ulmaria*), svízel povázka a svízel syřišťový (*Galium mollugo*, *G. verum*), kakost luční (*Geranium pratense*), sítina

rozkladitá (*Juncus effusus*), vrbina penízková (*Lysimachia nummularia*), bojínek luční (*Phleum pratense*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*), lipnice hajní (*Poa nemoralis*), lipnice luční (*Poa pratensis*), topol kanadský (*Populus x canadensis*), třešeň ptačí (*Prunus avium*), dub zimní (*Quercus petraea*) a dub pýřitý (*Q. pubescens*), trnovník akát (*Robinia pseudacacia*), šťovík kyselý (*Rumex acetosa*), vrba křehká (*Salix fragilis*) a vrba pětimužná (*S. pentandra*), silenka širolistá bílá (*Silene latifolia*) a divizna černá (*Verbascum nigrum*).

Naopak výhradně na plochách s náplavem byly zaznamenány v celkovém počtu 12 následující druhy: psárka luční (*Alopecurus pratensis*), lopuch větší (*Arctium lappa*), bodlák obecný (*Carduus acanthoides*), hloh jednosemenný (*Crataegus monogyna*), pryšec sladký (*Euphorbia dulcis*), popenec obecný (*Glechoma hederacea*), vlašťovičník větší (*Chelidonium majus*), hluchavka bílá (*Lamium album*), křehkýš vodní (*Myosoton aquaticum*), křídlatka japonská (*Reynoutria japonica*), vrba jíva (*Salix caprea*) a čistec lesní (*Stachys sylvatica*).

Nejčetnější bylinou s největší pokryvností se v kontextu celého datového souboru ukázala být chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), která byla, pokud se v daném případě na ploše vyskytovala, dominantním druhem. Druhou nejčastěji zastoupenou bylinou byla kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), následovaly ji bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria*) a svízel přitula (*Galium aparine*). Ze dřevin se nejčastěji na monitorovaných plochách vyskytovala olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), která měla zároveň ze všech dřevin nejvyšší pokryvnost. Druhou dřevinou v pořadí byla na monitorovaných plochách, co se týká četnosti výskytu a pokryvnosti, vrba bílá (*Salix alba*).

V některých částech zájmového území byla pozorována pravidelně se vyskytující kombinace druhů opakující se v rámci konkrétního úseku. Na největší náplavové ploše, která byla v rámci práce analyzována u Poříčí nad Sázavou, bylo možné většinu snímkových ploch rozdělit na 2 typy – plochy s dominancí chrastice rákosovité (*Phalaris arundinacea*) nebo plochy s dominancí ostrice bažinné (*Carex limosa*). Tam, kde jeden z těchto druhů převažoval, se zpravidla další druhy vyskytovaly s mnohem nižší pokryvností, než tomu bylo na plochách bez dominance těchto dvou druhů trav.

6.4 Nepůvodní a invazní druhy

Z celkového počtu 86 druhů bylo na základě katalogu nepůvodních druhů české flóry (Pyšek & kol. 2012) identifikováno celkem 17 druhů nepůvodních, z nichž 7 je považováno za druhy invazní. Mezi nepůvodní neinvazní patří: lopuch větší a lopuch plstnatý (*Arctium lappa*, *A. tomentosum*), bodlák obecný (*Carduus acanthoides*), krabilice mámivá (*Chaerophyllum temulum*), hluchavka bílá a hluchavka nachová (*Lamium album*, *L. purpureum*), mydlice lékařská (*Saponaria officinalis*), silenka široolistá bílá (*Silene latifolia*), vratič obecný (*Tanacetum vulgare*) a rozrazil břečťanolistý (*Veronica hederifolia*). Zbylých 7 druhů je na našem území považováno dle Pyška & kol. (2012) za invazní. Jsou jimi následující druhy: pcháč rolní (*Cirsium arvense*), netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*), topol kanadský (*Populus x canadensis*), trnovník akát (*Robinia pseudacacia*), křídlatka japonská (*Reynoutria japonica*), zlatobýl kanadský (*Solidago canadensis*) a zlatobýl obrovský (*S. gigantea*).

Na základě výsledku statistického dvouvýběrového párového t-testu nebylo možné zamítnout nulovou hypotézu, tzn. mezi plochami s náplavem a plochami bez náplavu není statisticky průkazný rozdíl v počtu nepůvodních druhů (Tabulka 5) ani v jejich diverzitě vyjádřené pomocí Shannonova indexu (Tabulka 6).

Tabulka 5. Výsledek dvouvýběrového párového t-testu na rovnost středních hodnot pro prostý počet nepůvodních druhů.

Nepůvodní druhy (počet)		
	plochy	
	s náplavem	bez náplavu
Střední hodnota	2,39	1,87
Rozptyl	1,70	1,03
Pozorování	23	23
Pearsonova korelace	-0,03	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	22	
t Stat	1,49	
P(T<=t) (2)	0,15	
t krit (2)	2,07	

Tabulka 6. Výsledek dvouvýběrového párového t-testu na rovnost středních hodnot pro Shannonův index diverzity vztahující se k nepůvodním druhům.

Nepůvodní druhy (Shannonův index)		
	plochy	
	s náplavem	bez náplavu
Střední hodnota	0,48	0,37
Rozptyl	0,21	0,15
Pozorování	23	23
Pearsonova korelace	-0,01	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	22	
t Stat	0,92	
P(T<=t) (2)	0,37	
t krit (2)	2,07	

Výsledek dvouvýběrového párového t-testu nicméně poukázal na rozdíl středních hodnot v počtu invazních druhů. V tomto případě byla nulová hypotéza o neexistenci rozdílů středních hodnot zamítnuta, a lze tedy na 5% hladině významnosti usuzovat, že mezi plochami na náplavu a plochami mimo náplav jsou statisticky významné rozdíly v počtu invazních druhů (Tabulka 7). Na plochách mimo náplav se vyskytuje invazních druhů více než na plochách s náplavem.

Tabulka 7. Výsledek dvouvýběrového párového t-testu na rovnost středních hodnot pro prostý počet invazních druhů.

Invazní druhy (počet)		
	plochy	
	s náplavem	bez náplavu
Střední hodnota	0,70	1,22
Rozptyl	0,58	0,91
Pozorování	23	23
Pearsonova korelace	0,16	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	22	
t Stat	-2,23	
P(T<=t) (2)	0,04	
t krit (2)	2,07	

Ze zaznamenaných 17 nepůvodních druhů byl v zájmovém území zjištěn výskyt celkem 7 druhů invazních (dle Pyšek & kol. 2012), a to ve 30 snímcích. Nejrozšířenějším

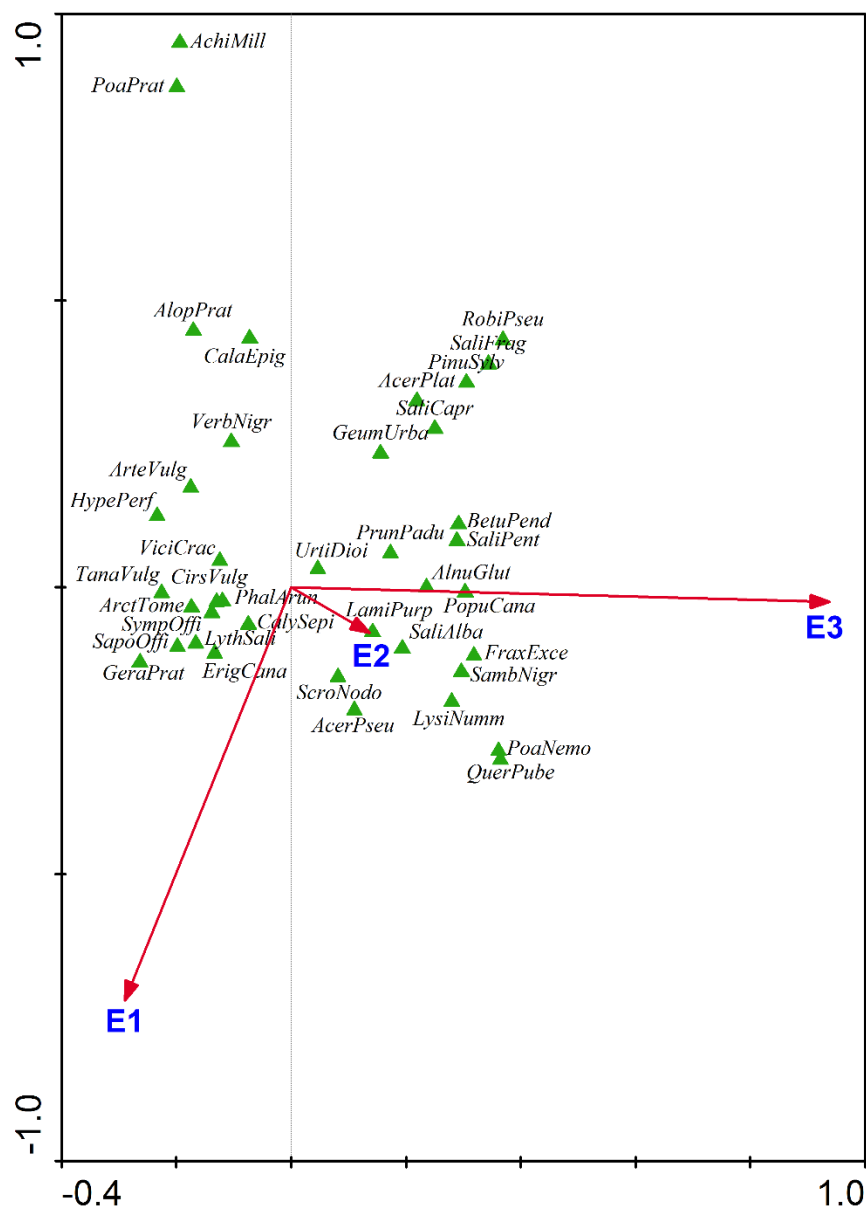
invazním druhem se v rámci zájmového území ukázala být netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) s výskytem na 16 plochách. Druhým nejrozšířenějším invazním druhem je zlatobýl kanadský (*Solidago canadensis*) (9 případů nálezu). Zbylé invazní druhy byly zjištěny na následujících počtech snímků – zlatobýl obrovský (*Solidago gigantea*) na 8 snímcích, pcháč rolní (*Cirsium arvense*) na 6 snímcích, topol kanadský (*Populus x canadensis*) ve 2 případech, a trnovník akát (*Robinia pseudacacia*) a křídlatka japonská (*Reynoutria japonica*) vždy pouze po jednom snímku (Tabulka 8).

Tabulka 8. Zaznamenané nepůvodní druhy a počty snímků na plochách s náplavem a bez náplavu, ve kterých byly tyto druhy zjištěny. Hvězdičkou (*) jsou označeny druhy invazní (sensu Pyšek & kol. 2012).

druh	četnost výskytu na plochách	
	s náplavem	bez náplavu
lopuch větší (<i>Arctium lappa</i>)	1	-
lopuch plstnatý (<i>Arctium tomentosum</i>)	2	1
bodlák obecný (<i>Carduus acanthoides</i>)	4	-
*pcháč rolní (<i>Cirsium arvense</i>)	4	3
krablice mámivá (<i>Chaerophyllum temulum</i>)	7	2
*netýkavka žláznatá (<i>Impatiens glandulifera</i>)	4	12
hluchavka bílá (<i>Lamium album</i>)	7	-
hluchavka nachová (<i>Lamium purpureum</i>)	13	2
*topol kanadský (<i>Populus x canadensis</i>)	-	2
*křídlatka japonská (<i>Reynoutria japonica</i>)	1	-
*trnovník akát (<i>Robinia pseudacacia</i>)	-	1
mydlice lékařská (<i>Saponaria officinalis</i>)	1	2
silenska široolistá bílá (<i>Silene latifolia</i>)	-	1
*zlatobýl kanadský (<i>Solidago canadensis</i>)	1	8
*zlatobýl obrovský (<i>Solidago gigantea</i>)	5	2
vrtič obecný (<i>Tanacetum vulgaris</i>)	2	5
rozrazil břečťanolistý (<i>Veronica hederifolia</i>)	2	2

6.5 Struktura porostů

Výsledky prokázaly, že na druhové složení má vliv mj. i struktura porostu. Výsledky CCA analýzy, při níž byly jako vysvětlující proměnné užity pokryvnosti jednotlivých pater a jako kovariáta typ plochy (s náplavem, bez náplavu), jsou patrné z Obrázku 20.



Obrázek 20. Ordinační diagram s výsledkem přímé unimodální analýzy CCA – zastínění stanovišť. Jako vysvětlující proměnné byly použity pokryvnosti pater (E1 = bylinné patro, E2 = keřové patro, E3 = stromové patro). Typ plochy (s náplavem, bez náplavu) byl v této analýze použit jako kovariáta. Zobrazeny jsou druhy, jejichž variabilita je osami vysvětlena alespoň ze 4 % (39 druhů z celkového počtu 86). Vysvětlení zkratk druhů je uvedeno v Příloze 1.

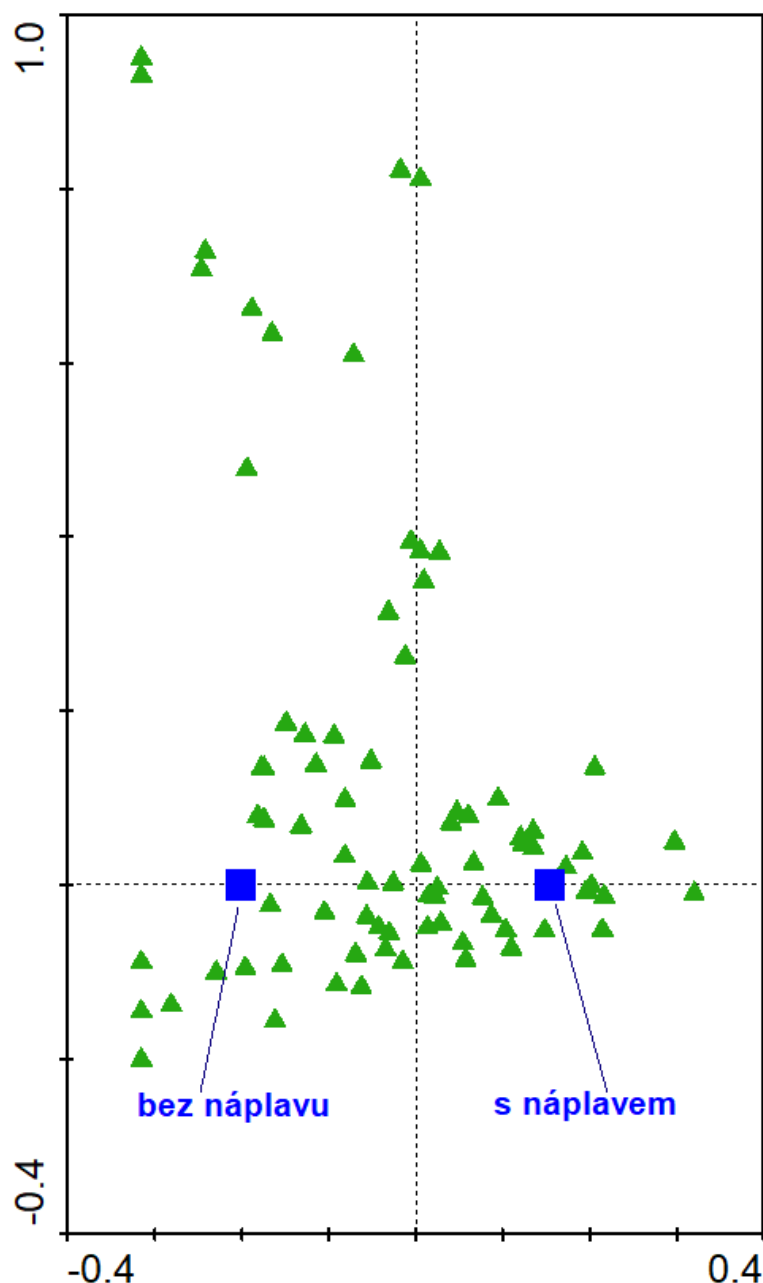
Výsledek prokázal rozdělení zaznamenaných druhů na základě preference světlého či stinnějšího stanoviště. Z grafu je patrná relativně výrazně vyčleněná skupina dřevin, např. jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), bez černý (*Sambucus nigra*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), bříza bělokorá (*Betula pendula*), vrby (*Salix alba*, *S. pentandra*) a další, jejichž výskyt je samozřejmě vázán na plochy s vyšší pokryvností stromového a keřového patra. Některé dřeviny lužních lesů, jež se v zájmovém území vyskytují zpravidla na plochách bez náplavu, však upřednostňují okraje těchto lesů, tedy místa s vyšším přísunem

slunečního svitu. Takovými zástupci jsou trnovník akát (*Robinia pseudacacia*), vrba křehká (*Salix fragilis*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*) nebo javor mlč (*Acer platanoides*). Ve skupině těchto dřevin se nicméně vyskytují i zástupci druhů bylinného patra, jež pro svoji existenci upřednostňují pravděpodobně stinnější a relativně vlhčí stanoviště v rámci lužních lesů. Tento případ se týká lipnice hajní (*Poa nemoralis*) a vrbiny penízkové (*Lysimachia nummularia*).

Shluk v levém horním rohu grafu je možné prezentovat jako zástupce bylin, jimž se daří naopak na světlejších stanovištích a vysychavých a sušších půdách. Snímky, v nichž byly tyto druhy zaznamenány, patří k plochám bez náplavů. Tyto druhy jsou v grafu reprezentovány řebříčkem obecným (*Achillea millefolium*) a lipnicí luční (*Poa pratensis*).

V neposlední řadě je třeba zmínit hustý výskyt zástupců bylinného patra v levé střední části grafu. Tyto druhy preferují slunná až polostinná stanoviště a vlhčí půdy, prostor říční nivy tyto podmínky dokáže splnit. Ze zástupců mohou být jmenovány mydlice lékařská (*Saponaria officinalis*), lopuchy (*Arctium lappa*, *A. tomentosum*), kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*), kakost luční (*Geranium pratense*) či kostival lékařský (*Symphytum officinale*).

Rozdíl ve druhovém složení mezi plochami s náplavem a plochami bez náplavu po odstranění efektu míry zastínění vyššími vegetačními patry (E2 a zejména E3) je výsledkem analýzy CCA ($F = 1,498$, $P = 0,032$). Analýza prokázala, že druhové složení se mezi plochami s náplavem a plochami bez náplavu i tak statisticky průkazně liší. Vizualizace výsledků je prezentována na Obrázku 21.



Obrázek 21: Ordinační diagram s výsledkem přímé unimodální analýzy CCA – odfiltrování zastínění. Testován byl rozdíl ve druhovém složení mezi plochami s náplavem a plochami bez náplavu po odfiltrování struktury porostu (míry zastínění). Zobrazena je 1. a 2. ordinační osa. Druhové složení mezi plochami na náplavu a mimo něj se statisticky průkazně liší a vysvětluje 21,1 % variability v datech ($F = 1,498$; $P = 0,032$). Zobrazeny jsou všechny zaznamenané druhy.

Z výsledků CCA analýzy prezentovaných v Obrázku 21 je patrný zřetelně vyčleněný shluk bodů v levém horním rohu grafu, kdy dva nejizolovanější body reprezentují celkem 4 druhy – silenku širolistou bílou (*Silene latifolia*), růži šípkovou (*Rosa canina*), pryšec chvojku (*Euphorbia cyparissias*) a bojínek luční (*Phleum pratense*).

Blíže ke středu grafu jak ve vertikálním, tak horizontálním směru se pak nachází shluk bodů reprezentujících druhy preferující světlejší stanoviště s vysychavými či střídavě vlhkými půdami. Jedná se o zlatobýl kanadský (*Solidago canadensis*), lipnici luční (*Poa pratensis*), řebříček obecný (*Achillea millefolium*), třtinu křovištní (*Calamagrostis epigejos*), kostřavu obrovskou (*Festuca gigantea*), turan roční (*Erigeron annuus*) a rukev obojživelnou (*Rorippa amphibia*).

Zástupci ze skupiny druhů ve středu grafu kolem sekundární osy jsou chmel otáčivý (*Humulus lupulus*), trnovník akát (*Robinia pseudacacia*), vrba křehká (*Salix fragilis*), kuklík městský (*Geum urbanum*), pelyněk černobýl (*Artemisia vulgaris*) a další zástupce dřevin borovice lesní (*Pinus sylvestris*).

Stínomilnější druhy byly zaznamenávány zpravidla ve snímcích na plochách mimo náplav. Sukcesní stadia jsou na těchto plochách tedy již vyvinutější než na plochách s náplavem. Tuto skutečnost by bylo možné v některých případech vysvětlit někdejším usazením náplavu především mimo původní stromovou a keřovou vegetaci. Na plochách s náplavem proto existují zpravidla světlejší stanoviště podporující výskyt světlomilnějších druhů. Někde však byly plochy s náplavem zaznamenány i v lokalitách se stromovým a keřovým patrem významné pokrývnosti (např. plochy u obce Pyskočely a Stříbrná Skalice) – materiál unášený Sázavou při jarní povodni byl v těchto případech deponován v již existující vegetaci.

7 DISKUSE

Úvodem této kapitoly je třeba podotknout, že výsledky práce, pramenící ze sběru dat poměrně dlouhou dobu po odeznění povodně, a navíc na relativně malé ploše, mohou být pokládány pouze za nástin průběhu procesů vývoje vegetačních společenstev.

7.1 Druhové složení a diverzita

Ve studovaném úseku toku byl prokázán statisticky významný rozdíl ve druhovém složení mezi plochami na náplavech a plochami mimo náplav, nikoliv však ve druhové diverzitě. Soubor zaznamenaných druhů byl v mnohých druzích podobný výsledkům Blažkové (2003), nejspíše i kvůli podobnému charakteru krajiny z hlediska jejího využití. Plochy na náplavech vykazovaly oproti plochám mimo náplavy menší variabilitu ve druhovém složení, což pravděpodobně svědčí o podobnosti fyzikálních vlastností sedimentovaného materiálu ovlivňujícího vlhkostní režim, který podle Chumana & kol. (2007), Kováře & kol. (2002) a Loučkové (2012) druhové složení ovlivňuje.

Podmínkami přímo ovlivňujícími vlhkostní režim je kromě hrubozrnnosti substrátu i mocnost sedimentu, tedy relativní výška nad povrchem nivního údolí (Loučková 2011, Zelený 2002). Zdálo by se zřejmé, že v hrubozrnných (kamenitých, štěrkových) substrátech rostliny obtížněji koření, neboť takové substráty neposkytují dostatečnou oporu a nedisponují příhodným vlhkostním režimem (Blažková 2003, Loučková 2012). Jako příznivější pro rozvoj vegetačních společenstev označila písčité substráty i Koppová (2001) ve své práci věnované vegetaci v nivě Orlice a studiu společenstev na náplavech s podobnou mocností jako v zájmovém území na Sázavě. Výsledky práce Vaněčka (2005) oproti tomu poukázaly na náplavech Vltavy na opačný trend, kdy ve sledovaných lokalitách více druhů preferovalo právě štěrkové náplavy před písčitými. Vhodnost písčitých náplavů v práci Koppové (2001) mohla být však umocněna faktem, že původní vegetace překrytá povodňovým materiálem snáze prorůstá jemnozrnný materiál než štěrkové nánosy v případě Vltavy (Vaněček 2005). Obě práce (Koppová 2001 a Vaněček 2005) v porovnání s touto diplomovou prací analyzovaly vegetační pokryv relativně krátce po povodňových událostech, jejich výsledky se proto ve velké míře vztahují k rychlosti zapojení porostu a míře pokrytí studovaných lokalit po odeznění povodňové disturbance. V rámci této práce tyto procesy již nebylo možné podchytit.

Snímky na náplavu byly umístěny obvykle na slunných, světlých stanovištích na písčitých sedimentech uložených při povodni v roce 2006, zatímco data ve snímcích na plochách bez náplavu byla charakteristická relativně velkým zastoupením vzrostlých dřevin. Z tohoto vzorce se však vymykají tři snímky, které jsou v diagramu (Obrázek 19) vyneseny vysoko nad horizontální osu. Tyto plochy byly umístěny na okraji lesa (2 snímky u obce Pyskočely) a na světlé bylinné ploše mezi mladšími dřevinami (snímek u Poříčí nad Sázavou). Ve všech třech případech byla zaznamenána nulová či jen minimální pokryvnost keřového a stromového patra. Vzhledem k uvedenému by sekundární osa mohla reprezentovat stanovištní podmínky z hlediska množství světla dopadajícího na povrch půdy v těchto lokalitách. Takový závěr koresponduje s výsledky Vaněčka (2005), které přinesly prokazatelný vliv míry zastínění na rozšíření řady druhů, např. kostivalu lékařského (*Symphytum officinale*). Vzhledem k ekologickým podmínkám druhů umístěných taktéž vysoko nad horizontální osou (Obrázek 19) je pravděpodobné, že vedle těchto předpokladů ohledně množství slunečního záření hraje roli i vlhkostní režim půdy na konkrétním stanovišti. Na tuto skutečnost poukazuje skupina druhů se zástupci řebríčku obecného (*Achilleum millefolium*), růže šípkové (*Rosa canina*), silenky širolisté bílé (*Silene latifolia*), pryšce sladkého (*Euphorbia dulcis*) a trav lipnice luční (*Poa pratensis*) a bojínku lučního (*Phleum pratense*).

V důsledku zmíněného časového odstupu od povodňové události, jež stála na počátku výzkumu vegetace v zájmovém území, je třeba zmínit druhy, které v současné době již tvoří v nivě Sázavy dominantní porosty. Z hlediska druhové diverzity porostů v nivách je tak patrně důležité věnovat se chřastici rákosovité (*Phalaris arundinacea*), neboť na plochách s náplavy byly v zájmovém území detekovány její poměrně husté porosty, a to zejména v lokalitě u Poříčí nad Sázavou. Výskyt tohoto druhu potvrzuje na náplavech v nivě Berounky Blažková (2003), v nivě Bečvy Klečka (2004) nebo v případě Opavy Loučková (2012). Rozšíření tohoto druhu je úzce spjato s časem, který od ústupu zaplavení uběhl. Lacina & Halas (2008) na Bečvě zaznamenali 5 let po katastrofální povodni v roce 1997 pouze ojedinělý výskyt, 10 let po povodni pak již ostrůvkovité porosty mj. právě chřastice rákosovité (*Phalaris arundinacea*). Vlastnosti tohoto druhu byly součástí několika studií (např. Klečka 2004, Kopecký 1961). Na mnohých místech může s odstupem času chřastice zcela dominovat, protože je znemožněn výskyt ostatních druhů (Loučková 2012). V případě Opavy (Loučková 2012), Berounky (Kopecký 1961) i zájmového úseku Sázavy tvořila s větším či menším časovým odstupem od povodňové

události *Phalaris arundinacea* místy monotónní a husté porosty. Plochy s jejím výskytem jsou tak zpravidla druhově spíše chudší a pokles druhové diverzity lze na těchto plochách do budoucna ještě předpokládat.

Preference druhů z hlediska stanovištních podmínek v nivě byly předmětem rozsáhlé studie vegetačních poměrů při menších vodních tocích jesenického podhůří (Loučková 2012). Pro stabilnější části nivy jsou typické druhy, jež hůře snášejí především destruktivní účinek povodní (Loučková 2012). Toto bylo v rámci práce rovněž prokázáno. Na stabilnějších plochách mimo plochy s náplavy byly v mnoha případech zaznamenány druhy jako bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), bříza bělokorá (*Betula pendula*), vrbina penízková (*Lysimachia nummularia*) či zástupce trav lipnice luční (*Poa pratensis*). Výraznějšímu projevu erozně-akumulačních procesů v důsledku zaplavení nivy mohly zjara 2006 zčásti bránit tehdejší porosty trav a dalších bylin, stejně jako v případě Berounky (Blažková 2003).

Nivní prostředí je vhodné pro výskyt druhů se širokou ekologickou amplitudou (Loučková 2012). Výskyt takových druhů proto nelze považovat za spolehlivé indikátory specifických podmínek na fluviálních erozně-akumulačních tvarech v říční nivě, může prokazovat spíše vliv zvýšeného obsahu některých živin v půdním krytu (Loučková 2012). Jedná se např. od kopřivu dvoudomou (*Urtica dioica*), nepůvodní vratič obecný (*Tanacetum vulgare*) či invazní netýkavku malokvětou (*Impatiens parviflora*).

V současné době je podle Laciny & Halase (2008) většina niv našich řek využívána k intenzivnímu zemědělství. Takové nastavení vede v prostředí nivy ke zvýšenému výskytu ruderalních druhů (Lacina & Halas 2008). Výsledky Blažkové (2003) poukázaly na Berounce asi dva měsíce po povodni v roce 2002 na neobyčejně vysoký podíl druhů zahrad a polních kultur. Tehdy nejčastějším druhem uvádí Blažková (2003) hořčici setou (*Sinapis alba*), zmiňována je i řepka olejka (*Brassica oleifera*) a také rajče (*Solanum lycopersicum*) nebo slunečnice (*Helianthus sp.*). V případě Trkmanky zaznamenali Lacina & Halas (2008) mj. srhu laločnatou (*Dactylis glomerata*) nebo pcháč oset (*Cirsium vulgare*). Na Opavě (Loučková 2011) byly ve spojitosti s existencí orné půdy v prostoru nivy zaznamenány kromě zmíněných ještě další druhy – lipnice luční (*Poa pratensis*), vratič obecný (*Tanacetum vulgare*), pelyněk černobýl (*Artemisia vulgaris*) nebo třezalka (*Hypericum sp.*). Druhy, jejichž výskyt souvisí s existencí orné půdy blízko dané lokality, zaznamenané Lacinou & Halasem (2008) anebo Loučkovou (2011), se ve značné míře

nacházejí i v nivě Sázavy, a to především u Poříčí nad Sázavou. Na místě sledovaných ploch v tomto úseku existovala před jarní povodní v roce 2006 také orná půda, situace je tedy podobná situaci na Trkmance (Lacina & Halas 2008) nebo Opavě (Loučková 2011).

7.3 Nepůvodní a invazní druhy

Zvláštní důraz je ve výzkumu popovodňového vývoje vegetace v nivách kladen na rozšíření nepůvodních a invazních druhů. Jejich výskyt a míra jejich rozšíření je výslednicí působení několika faktorů. Porovnávací studie Chytrého & kol. (2008), která se věnovala datům ze třech evropských regionů (Česka, Velké Británie a Katalánska), vedla ke třem důležitým poznatkům. Přes odlišnost klimatických podmínek, historie a ovlivnění krajiny člověkem jsou ve všech třech zmíněných regionech nejvíce invadována společenstva, která: 1) jsou ovlivňována disturbancemi jakéhokoliv druhu, 2) mají dostatek živin, 3) jsou vystavena přísunu diaspor nepůvodních druhů (Chytrý & kol. 2008). Je patrné, že tyto tři body téměř dokonale popisují prostředí vodních toků a říční nivy.

Část práce týkající se invazních druhů v nivě Sázavy poukázala zřetelně na druhy, jež jsou ve sledovaném úseku rozšířeny nejmasivněji. Na českém území jsou nejčastěji uváděnými (např. Chuman & kol. 2008, Kovář & kol. 2002, Loučková 2012) invazními druhy následující – netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) a netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*), zlatobýl kanadský (*Solidago canadensis*) a zlatobýl obrovský (*S. gigantea*), trnovník akát (*Robinia pseudacacia*), křídlatka (*Reynoutria sp.*). Většina z invazních druhů uvedených Chumanem & kol. (2008) na Sázavě, Loučkovou (2011) na Bečvě a Kovářem & kol. (2002) na Tiché Orlici, byla v nivních porostech zaznamenána i ve studovaném úseku toku. Některé výše uvedené invazní druhy na hořejším toku Sázavy nebyly v zájmovém území zaznamenány nikterak hojně. Křídlatka japonská (*Reynoutria japonica*) byla registrována pouze na jediné snímkované ploše u Poříčí nad Sázavou, stejně tak trnovník akát (*Robinia pseudacacia*). V obou případech se jednalo o snímky na náplavu, což je v souladu s hypotézou o ukládání rostlinných diaspor společně s náplavovým materiálem (Kovář 1998). Obavu z urychlení šíření invazních druhů vlivem působení povodní, konkrétně netýkavky žláznaté (*Impatiens glandulifera*), vyslovuje Blažková (2003) v rámci jejího mapování pobřežní vegetace na Berounce po povodni v roce 2002.

Zajímavým je fakt, že v celém zájmovém úseku nebyl zaznamenán výskyt netýkavky malokvěté (*Impatiens parviflora*), ačkoliv u řady českých řek je řazena mezi

běžně se vyskytující invazní druhy (např. Chuman & kol 2008, Loučková 2012, Matějček 2009), ba dokonce mezi nejrozšířenější ze všech invazních druhů, např. na Ohři (Pánková 2006).

Někteří autoři (Čuda & kol. 2017, Matějček 2007b) věnují značnou pozornost rozšíření netýkavky žláznaté (*Impatiens glandulifera*). Tento invazní neofyt osidluje zpravidla povodňové náplavy, jak uvádějí Chuman & kol. (2007) na případu Sázavy po jarní povodni v roce 2006. V porovnání s někdejší stavem mapovaného úseku se tento trend nepotvrdil. Výskyt netýkavky byl v zájmovém území vázán spíše na plochy bez náplavu. Netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) byla často zaznamenána na stinnějších stanovištích v rámci starších stromových porostů, což odpovídá obecné charakteristice snímků mimo náplav a také situaci v nivě Bečvy po povodni v roce 1997 (Lacina 2004). Netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) je Matějčkem (2007b) označována jako nejrozšířenější invazní druh v porostech nivní vegetace 12 vodních toků v Čechách i na Moravě. Její populace v zájmovém úseku je rozložena do nejvíce snímků ze všech zjištěných invazních druhů (viz Tabulka 8, kapitola 7.4). Pro šíření netýkavky žláznaté je působení a průběh povodní, podobně jako pro ostatní invazní druhy, stěžejní (Chuman & kol. 2007, Pyšek & Tichý 2001). Čuda & kol. (2017) prokázali, že na plochách v nivách středoevropských řek, jež bývají vystaveny působení povodní, se netýkavka žláznatá vyskytuje ve dvakrát větším množství než na plochách, které působení povodňové vody vystaveny nejsou. Chuman (2008a) uvádí netýkavku žláznatou (*Impatiens glandulifera*) coby dominantní druh náplavů. Oproti tomu Blažková (2003) na Berounce po povodni v roce 2002 zaznamenala pouze pár rostlin tohoto druhu, navíc v nepříliš vitálním stavu. Tehdejší povodeň porosty netýkavky žláznaté (*Impatiens glandulifera*) v nivě Berounky zcela zlikvidovala (Blažková 2003). Záznamy o netýkavce v rámci této práce korespondují spíše s výsledky studie Čudy & kol. (2017), pravděpodobně z důvodu značného časového odstupu od povodňové události. Dříve provedená studie Matějčka (2009), jež se zabývala vegetačními poměry mj. na Sázavě, prokázala, že dominantní výskyt tohoto druhu má za následek snižování pokryvnosti druhů ostatních, nicméně k úplné eliminaci ostatních druhů nedochází. I z tohoto důvodu není podle Hejdy & Pyška (2006) netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) druhem, jehož výskyt by v nativních vegetačních společenstvech na našem území měl způsobovat významnější problém.

Zlatobýly, zejména zlatobýl kanadský (*Solidago canadensis*), dosahoval oproti netýkavce žláznaté (*Impatiens glandulifera*) ve studovaném úseku mnohonásobně vyšší

pokryvnosti, ačkoliv byl zaznamenán v nižším počtu snímků. Pokud byl *Solidago canadensis* v nějakém snímku zaznamenán, často v takovém případě porostu dominoval, kdežto plochy s netýkavkou žláznatou (*Impatiens glandulifera*) byly druhově bohatší. Zlatobýly (*Solidago canadensis*, *S. gigantea*) jsou podle Matějčka (2007b) po netýkavce žláznaté (*Impatiens glandulifera*) dalšími nejrozšířenějšími invazními druhy porostů doprovázejících české řeky. Podobný stav uvádí v případě náplavů Tiché Orlice i Kovář & kol. (2002). Rozšíření invazních druhů v blízkosti našich vodních toků se také zabývá řada závěrečných prací (např. Boháčková 2007 a Randová 2019 – invazní druhy v nivě Berounky, Pánková 2006 – Ohře, Zelendová 2008 – povodí Střely). Je-li výskyt zmíněných invazních druhů vztažen obecně k prostoru, ve kterém jsou tyto druhy rozšířeny, lze výsledky předkládané práce ztotožnit se závěry Matějčka (2007b) na hořejším toku Sázavy – tedy že nejrozšířenějším invazním druhem ve zkoumaném úseku Sázavy, tedy níže po proudu toku úseku zkoumaném Matějčkem (2007b), je netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*), zlatobýl kanadský (*Solidago canadensis*) a zlatobýl obrovský (*S. gigantea*).

7.4 Struktura porostů

Analýza získaných dat dále ukázala vliv struktury porostu na druhové složení i odlišnost druhového složení mezi náplavy a plochami mimo náplavy po odfiltrování míry zastínění vyššími vegetačními patry – stromového a keřového. Výsledky těchto analýz pomohly odhalit další gradient, podle kterého jsou druhy uspořádány. Podle předpokladu druhová skladba a pokryvnost bylinného patra úzce souvisí s mírou zastínění, které vyšší vegetační patra poskytují. Vliv zastínění na druhové složení ale i pokryvnost vegetačních společenstev v období po povodni ukázal např. Vaněček (2005).

8 ZÁVĚR

V rámci diplomové práce byl mapován současný stav vegetace v nivě Sázavy více než 12 let od jarní povodně v roce 2006. Cílem práce bylo analyzovat stávající vegetaci a zodpovědět otázky související s druhovým složením a druhovou diverzitou rostlinných společenstev na plochách s náplavy, které během povodně vznikly, a mimo ně. V zájmovém území bylo zaznamenáno celkem 86 druhů vyšších rostlin, z nichž 10 je na území Česka nepůvodních neinvazních a 7 druhů má statut nepůvodní invazní druh. Výsledek práce lze shrnout do čtyř bodů, v závislosti na otázkách položených v jejím úvodu:

- 1) Analýza druhového složení a struktury porostu v úseku na dolejšímu toku Sázavy mezi obcemi Sázava a Poříčí nad Sázavou prokázala rozdíl v těchto ukazatelích mezi plochami s náplavou a plochami bez náplavy.
- 2) Typy ploch se však neliší druhovou diverzitou, ačkoliv porovnání hodnot Shannonova indexu diverzity bylo na hranici statistické průkaznosti.
- 3) Plochy se neliší ani diverzitou nepůvodních druhů.
- 4) Plochy se ale liší diverzitou invazních druhů. Plochy bez náplavů vykazují vyšší počet invazních druhů než plochy s náplavy.

Problémem na samém počátku této práce bylo nalezení dostatečného počtu ploch, které by se od jarní povodně v roce 2006 vyvíjely spontánně, protože antropogenní činnost v rekreačně hojně využívané oblasti měla na mnoha místech za následek destrukci vyvíjejících se společenstev.

9 POUŽITÁ LITERATURA

- ABERNETHY B., RUTHERFURD I. D. (1999): *Guidelines for Stabilising Stream-banks with Riparian Vegetation*. Technical Report 99/10. Melbourne: CRC for Catchment Hydrology.
- AOPK (2017): *Souhrn doporučených opatření pro evropsky významnou lokalitu Dolní Sázava, CZ0213068*. Agentura ochrany přírody a krajiny [online] [cit. 20. 4. 2020] Dostupné z: <http://strednicechy.ochranaprirody.cz/res/archive/239/030052.pdf?seek=1436432153>
- BALATKA B., KALVODA J. (2010): *Vývoj údolí Sázavy v mladším kenozoiku*. Praha: Česká geografická společnost.
- BALATKA B., KALVODA J. (2006): *Geomorfologické členění reliéfu Čech*. Praha: Kartografie Praha.
- BLAŽKOVÁ D. (2003): *Pobřežní vegetace řeky Berounky dva měsíce po povodni v srpnu 2002*. Bohemia centralis, č. 26, s. 35–44.
- BOHÁČKOVÁ E. (2007): *Sledování výskytu invazních druhů rostlin v nivě Berounky*. Diplomová práce, katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta UK, Praha.
- BUČEK A. (2007): *Primární sukcese a typy geobiocenu*. In: HRUBÁ, V., ŠTYKAR, J.: *Geobiocenologie a její aplikace*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
- CALOW P., PETTS G. E. (1994): *The rivers handbook: hydrological and ecological principles*. Oxford: Blackwell.
- CLEMENTS F. E. (1916): *Plant succession; an analysis of the development of vegetation*. Washington: Carnegie Institution of Washington.
- CULEK M. a kol. (2005): *Biogeografické členění České republiky*. Vol. 2. Praha: AOPK
- ČUDA J., RUMLEROVÁ Z., BRŮNA J., SKÁLOVÁ H. & PYŠEK P. (2017): Floods affect the abundance of invasive *Impatiens glandulifera* and its spread from river corridors. *Diversity and Distributions*, s. 1–13.
- DEMEK J. (1988): *Obecná geomorfologie*. Praha: Academia.
- DEMEK J., MACKOVČIN P. (2006): *Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny*. Brno: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.
- DĚD M. (2013): *Údolní nivy – dílo vody na souši*. Životné prostredie, č. 47 (3), s. 187–189.
- DOUDA J. (2009): *O vegetační proměnlivosti a původu současných lužních lesů*. Živa, č. 2, s. 56–60.
- DUCHOSLAV M., DANČÁK M. (2016): *Flóra a vegetace štěrkopískových náplavů, nátrží a břehů dolního toku řeky Bečvy u Oseka nad Bečvou patnáct let od mimořádné povodně*. Zprávy Vlastivědného muzea v Olomouci, 311, s. 5–28.
- ELLEDER L. (2008): *Analýza historických povodní na Sázavě*. In: LANGHAMMER J. (ed.): *Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní*. Praha: Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta.
- GOUDIE A. (2004): *Encyclopedia of geomorphology*. Londýn: Routledge.
- HEJDA M. & PYŠEK P. (2006): What is the impact of *Impatiens glandulifera* on species diversity of invaded riparian vegetation? In: *Biological conservation*, č. 132, s. 143–152.
- HERBEN T., MÜNZBERGOVÁ Z. (2002): *Zpracování geobotanických dat v příkladech. Část I. Data o druhovém složení*. Praha: Přírodovědecká fakulta UK, katedra botaniky.
- HLADNÝ J. (2009): *Hydrologické extrémy a změna klimatu*. In: NĚMEC J., KOPP J.: *Vodstvo a podnebí v České republice*. Praha: Consult.

- HÖLZEL N., OTTE A. (2001): *The Impact of Flooding regime on the Soil Seed Bank of Flood-Meadows*. Journal of Vegetation Science, č. 12 (2), s. 209–218.
- HUGGETT R. J. (2003): *Fundamentals of Geomorphology*. Londýn: Routledge.
- HUPP C. R., RINALDI M. (2007): *Riparian Vegetation Patterns in Relation to Fluvial Landforms and Channel Evolution Along Selected Rivers of Tuscany (Central Italy)*. Annals of the Association of American Geographers, č. 97 (1), s. 12–30.
- HUPP C. R., OSTERKAMP W. R. (1996): *Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes*. Geomorphology, č. 14, s. 277–295.
- CHÁB J., BREITR K., FATKA O., HLADIL J., KALVODA J., ŠIMŮNEK Z., ŠTORCH P., VAŠÍČEK Z., ZAJÍC J., ZAPLETAL J. (2008): *Stručná geologie Českého masivu a jeho karbonského a permského pokryvu*. Praha: Vydavatelství České geologické služby.
- CHUMAN T. (2008a): *Sukcese vegetace v nivě Sázavy: shrnutí poznatků z tříletého monitoringu*. In: LANGHAMMER J. (ed.). *Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní*. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze.
- CHUMAN T. (2008b): *Vegetation succession and soil cover transformation after extreme floods, A case study from the Sázava River floodplain*. Acta Universitatis Carolinae, Geographica, č. 43(1-2), s. 115–124.
- CHUMAN T., ŠEFRNA L., ZÁDOROVÁ T. (2007): *Následky extrémních záplav na vegetaci a půdní kryt na příkladu nivy Sázavy*. In: LANGHAMMER J. (ed.): *Změny v krajině a povodňové riziko – Sborník příspěvků ze semináře Povodně a změny v krajině, 5. 6. 2007*. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy.
- CHUMAN T., LIPSKÝ Z., MATĚJČEK T. (2006): *Succession of vegetation in alluvial floodplains after extreme floods*. Geografie, Sborník ČGS, č. 111(3), s. 314–328.
- CHYTRÝ M., KUČERA T., KOČÍ M., GRULICH V., LUSTYK P. (2010): *Katalog biotopů České republiky*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.
- CHYTRÝ M., MASKELL L. C., PINO J., PYŠEK P., VILA` M., FONT X. & SMART S. M. (2008): *Habitat invasions by alien plants: a quantitative comparison among Mediterranean, subcontinental and oceanic regions of Europe*. Journal of Applied Ecology, č. 45, s. 448–458.
- JUNK W. J., BAYLEY P. B., SPARKS R. E. (1989): *The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems*. In: DODGE D. P. (ed.): *Proceedings of the International Large River Symposium (LARS)*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, č. 106, s. 110–127.
- KALVODA J. (2007): *Morphostructural evolution of the relief in the locality of Geodynamic Observatory at Pecný, the Ondřejovská vrchovina Highland, Czech Republic*. In: GOUDIE A., KALVODA J. (ed.): *Geomorphological Variations*. Praha: P3K.
- KLEČKA J. (2007): *Lze prakticky vymezit hranice VKP údolní niva?* In: *ÚSES – zelená páteř krajiny (sborník z konference)*. Brno. Dostupné z: <http://www.uses.cz/data/sbornik07/Klecka.pdf>
- KLEČKA, J. (2004): *Změny v geobiocenózách říční nivy následkem povodně na příkladu Spojené Bečvy*. Disertační práce. Brno: LDF MZLU.
- KOPECKÝ K. (1961): *Fytoekologický a fytocenologický rozbor porostů Phalaris arundinacea L. na náplavech Berounky. (Příspěvek k vlivu pobřežní vegetace na sedimentační činnost vodních toků)*. Rozpravy ČSAV, Řada matematických a přírodních věd, č. 71, 6. Praha: Nakladatelství ČSAV.
- KOPECKÝ K. (1957): *Sukcese rostlinných společenstev na náplavech Metuje a Olešenky v okolí Nového Města nad Metují*. Preslia, č. 29, s. 51–63.

- KOPPOVÁ J. (2001): *Znovuosidlování náplavů vegetací na aluviálních loukách*. Diplomová práce, katedra botaniky, Přírodovědecká fakulta UK, Praha.
- KOVÁŘ P. (1998): *Povodňové náplavy: otevřený biologický prostor*. Živa, č. 84(5), s. 203–204.
- KOVÁŘ P., JANOUŠKOVÁ P., KOPPOVÁ J., KÖPPL P., KŘIVÁNEK M. (2002): Vegetační sukcese v nivě řeky pět let po záplavě. Živa, č. 6, s. 253–257.
- KŘIVÁNEK M., PYŠEK P., SÁDLO J., MANDÁK B. (2006): *Cormophyta – vyšší rostliny*. In: MLÍKOVSKÝ J., STÝBLO P. (eds.): *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*. Praha:
- KŘÍŽEK M. (2008): *Erosion and accumulation flood landforms in Sázava River in spring 2006*. Acta Universitatis Carolinae, Geographica č. 43 (1), s. 163–181.
- KŘÍŽEK M. (2007): *Údolní niva jako geomorfologický fenomén*. In: LANGHAMMER J. (ed.): *Povodně a změny v krajině*. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze a Ministerstvo životního prostředí.
- KŘÍŽEK M., ENGEL Z. (2007): *Geomorfologické projevy povodní – příkladová studie povodně 2002 v povodí Otavy*. In: LANGHAMMER J. (ed.): *Povodně a změny v krajině*. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze a Ministerstvo životního prostředí.
- KŘÍŽEK M., HARTVICH F., CHUMAN T., ŠEFRNA L., ŠOBR M., ZÁDOROVÁ T. (2006): *Floodplain and its delimitation*. Geografie–Sborník ČGS, č. 111(3), s. 260–273.
- LACINA J. (2004): Sukcese v povodňových korytech moravských řek na příkladu Bečvy a Desné. In: MĚKOTOVÁ, J. (ed.): *Říční krajina 2: Sborník příspěvků z konference*. UP, Olomouc, s. 130–139.
- LACINA J., HALAS P. (2008): *Ekotony jako dynamická součást nivní krajiny*. In: KALLABOVÁ E., SMOLOVÁ I., IRA V. a kol.: *Změny regionálních struktur České republiky a Slovenské republiky*. Ústav geoniky AV ČR Ostrava, pobočka Brno a Univerzita Palackého v Olomouci, str. 55–60.
- LIPSKÝ Z. (1998): *Krajinná ekologie pro studenty geografických oborů*. Praha: Karolinum.
- LOUČKOVÁ B. (2012): *Vegetace ve vybraných přírodě blízkých říčních úsecích jesenického podhůří ve vztahu k fluviálním procesům a tvarům*. Geographia Moravica. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- LOUČKOVÁ B. (2011): Vegetace na fluviálních tvarech v renaturalizovaných říčních úsecích Opavy, Černé Opavy a Branné deset let od mimořádné povodňové situace. Geografie 116, č. 3, s. 354–374.
- LOŽEK V. (2011): *Po stopách pravěkých dějů: O silách, které vytvářely naši krajinu*. Praha: Dokořán.
- LOŽEK V. (2003a): *Naše nivy v proměnách času I*. Ochrana přírody 58, č. 4, s. 101–106.
- LOŽEK V. (2003b): *Naše nivy v proměnách času II*. Ochrana přírody 58, č. 5, s. 131–136.
- LOŽEK V. (1973): *Příroda ve čtvrtohorách*. Praha: Academia.
- LOŽEK V., KUBÍKOVÁ J., ŠPRYŇAR P. (2005): *Střední Čechy. Chráněná území ČR: Střední Čechy, Svazek 13*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.
- MARŠÁKOVÁ-NĚMEJCOVÁ M. et al. (1977): *Národní parky, rezervace a jiná chráněná území přírody v Československu*. Praha: Academia.
- MATĚJČEK T. (2009): *Rozšíření invazních neofytů v břehové vegetaci vodních toků*. Disertační práce, katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta UK, Praha.
- MATĚJČEK T. (2007a): *Malý geografický a ekologický slovník: příručka pro školy a veřejnost*. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti.

- MATĚJČEK T. (2007b): *Sledování výskytu invazních druhů rostlin v říčních nivách*. In: LANGHAMMER J. (ed.): *Změny v krajině a povodňové riziko – Sborník příspěvků ze semináře Povodně a změny v krajině*, 5. 6. 2007. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy.
- MATĚJČEK T. (2007c): *Změny v rozšíření invazních druhů rostlin jako jeden z indikátorů krajinných změn*. *Miscellanea Geographica* 13, s. 101–104.
- MATĚJČEK J., HLADNÝ J. (1999): *Povodňová katastrofa 20. století na území České republiky*. Praha: Ministerstvo životního prostředí.
- MORAVEC J., JENÍK J. (1994): *Složení a struktura rostlinného společenstva*. In: MORAVEC J. & KOL.: *Fytocenologie (nauka o vegetaci)*. Praha: Academia.
- MUNZAR J., ONDRÁČEK S., KYSUČAN L. (2015): *Povodně v českých zemích v 16.–18. století ve světle starých tisků*. *Knihy a dějiny*, č. 22, s. 23–39.
- NEUHÄUSLOVÁ Z., BLAŽKOVÁ D., GRULICH V., HUSOVÁ M., CHYTRÝ M., JENÍK J., JIRÁSEK J., KOLBEK J., KROPÁČ Z., LOŽEK V., MORAVEC J., PRACH K., RYBNÍČEK K., RYBNÍČKOVÁ E., SÁDLO J. (1998): *Mapa potenciální přirodní vegetace České republiky*. Praha: Academia.
- NĚMEČEK J. et al. (2011): *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. Praha: Česká zemědělská univerzita.
- PÁNKOVÁ P. (2006): *Metody mapování invazních druhů rostlin v říčních nivách a jejich aplikace na oblast dolního Poohří*. Diplomová práce, katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta UK, Praha.
- PITHART D. (2015): *Povodně a sucho – krajina jako základ řešení. 1. Ekosystémy říční krajiny*. *Živa*, č. 1, s. 21–24.
- POVODÍ VLTAVY (2020): *Stavy a průtoky na vodních tocích. Stanice Sázava – LG Nespeky* [online]. [cit. 8. 8. 2020]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/portal/SaP/cz/pc/Mereni.aspx?id=SANE&oid=2>
- PRACH K. (1996): *Úvod do vegetační ekologie*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita.
- PRACH K., ŠTECH M., ŘÍHA P. (2009): *Ekologie a rozšíření biomů na Zemi*. Praha: Scientia.
- PYŠEK P. (2018): *Rostlinné invaze v současném světě – fakta, příčiny a souvislosti*. *Živa*, č. 5, s. 214–217.
- PYŠEK P., DANIHELKA J., SÁDLO J., CHRTEK J. JR., CHYTRÝ M., JAROŠÍK V., KAPLAN Z., KRAHULEC F., MORAVCOVÁ L., PERGL J., ŠTAJEROVÁ K., TICHÝ L. (2012): *Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns*. *Preslia*, č. 84, s. 155–255.
- PYŠEK P., SÁDLO J., MANDÁK B. (2002): *Catalogue of alien plants of the Czech Republic*. *Preslia*, č. 74, s. 97–186.
- PYŠEK P., TICHÝ L. (2001): *Rostlinné invaze*. Brno: Rezekvítek.
- RANDOVÁ N. (2019): *Změny v rozšíření invazních neofytů v břehové vegetaci Berounky*. Diplomová práce, katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta UK, Praha.
- RULF J. (1994): *Pravěké osídlení střední Evropy a niva*. In: BENEŠ J., BRŮNA V. (eds.): *Archeologie a krajinná ekologie*. Most: Nadace projekt Sever.
- Sdělení legislativního odboru MŽP ČR o výkladu pojmu údolní niva (§ 3 písm. b) zákona ČNR č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny
- SCHUMM S. A. (2005): *River variability and complexity*. Cambridge: Cambridge University Press.

- SIMON O., SUCHARDA M. (2004): *Vliv hospodaření v krajině na průběh a účinek povodní – přehled problémů a doporučená opatření*. Brno: Hnutí Duha.
- SKALICKÝ V. (1988): *Regionálně fytogeografické členění*. In: HEJNÝ S. & SLAVÍK B. (eds.): *Květena České socialistické republiky I*. Praha: Academia.
- SLAVÍKOVÁ J. (1986): *Ekologie rostlin*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- ŠEFFER J., STANOVÁ V., VICENÍKOVÁ A. (1999): *Vplyv záplav a manažmentu na zložení lúčnych spoločenstiev*. In: ŠEFFER J., STANOVÁ V. (eds.): *Aluviálne lúky rieky Moravy – význam, obnova a manažment*. Bratislava: Daphne – Centrum pre aplikovanú ekológiu.
- ŠEFRNA L. (2007): *Vznika vývoj nivy z pedogeografického hlediska*. In: LANGHAMMER J. (ed.). *Povodně a změny v krajině*. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze a Ministerstvo životního prostředí.
- ŠERCL P. (2006): *Hydrologické vyhodnocení jarní povodně 2006 na území ČR*. In: KAŠPÁREK L. (ed.): *Meteorologické a hydrologické vyhodnocení jarní povodně 2006 na území ČR*, Praha: VÚV a ČHMÚ.
- ŠINDLAR M. a kol. (2012): *Geomorfologické procesy vývoje vodních toků, část I. Typologie korytotvorných procesů*. Hradec Králové: Sindlar Group s. r. o.
- TER BRAAK, C. J. F., ŠMILAUER, P. (2002). *CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. New York, Ithaca: Microcomputer Power.
- TICKNER D. P., ANGOLD P. G., GURNELL A. M., MOUNTFORD O. J. (2001): *Riparian plant invasions: hydrogeomorphological control and ecological impacts*. *Progress in Physical Geography*, č. 25(1), s. 22–52.
- TOLAZS R., MÍKOVÁ T., VALERIANOVÁ A., VOŽENÍLEK V. (2007): *Atlas podnebí Česka 1961–2000*. Praha: Český hydrometeorologický ústav.
- TOWNSEND P. A. (2001): *Relationships between vegetation patterns and hydroperiod on the Roanoke River floodplain, North Carolina*. *Plant Ecology*, č. 156, s. 43–58.
- VAN ECK W. H. J. M., LENSSEN J. P. M., VAN DE STEEG H. M., BLOM C. W. P. M., DE KROON H. (2006): *Seasonal dependent effects of flooding on plant species survival and zonation: a comparative study of 10 terrestrial grassland species*. *Hydrobiologia*, č. 565, s. 59–69.
- VANĚČEK Z. (2005): *Sukcese vegetace na říčních náplavech vzniklých po povodni v srpnu 2002*, Bakalářská práce, katedra botaniky, Biologická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.
- VILÍMEK V. (2004): *Zhodnocení průběhu a náledků povodně z hlediska geomorfologie*. In: LANGHAMMER J. A KOL.: *Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní*. Praha: Závěrečná zpráva GAČR 205/03/Z046.
- WARD J. V., TOCKNER K., ARSCOTT D. B., CLARET C. (2002): *Riverine landscape diversity*. *Freshwater Biology*, č. 47, s. 517–539.
- ZÁDOROVÁ T., CHUMAN T., ŠEFRNA L. (2008): *Delimitace fluvizemí v prostoru hranice niva-svah v povodích menších toků*. In: LANGHAMMER J. (ed.): *Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní*. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy.
- Zákon č 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny
- ZELEDOVÁ E. (2008): *Vliv geografických faktorů na výskyt invazních neofytů na povodí Střely*. Diplomová práce, katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta UK, Praha.

ZELENÝ D. (2002): *Faktory ovlivňující vegetaci v údolí Vltavy severně od Zlaté Koruny*. Diplomová práce, katedra botaniky, Biologická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

MAPOVÉ PODKLADY A ELEKTRONICKÉ ZDROJE

- ARCČR. Vrstva krajů databáze ArcČR 500 [online]. [cit. 7. 4. 2020]. Dostupné z: https://services1.arcgis.com/gq83QRPZyW6Vjlnn/arcgis/rest/services/ArcČR_500_Kraje/FeatureServer
- DIBAVOD. *Digitální báze vodohospodářských dat*. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., odbor ochrany vod a informatiky, odd. GIS [online]. [cit. 18. 3. 2020]. Dostupné z [http:// www.dibavod.cz](http://www.dibavod.cz)
- GEOLOGICKÁ MAPA 1 : 50 000. In: Geovědní mapy 1 : 50 000 [online]. [cit. 18. 5. 2020]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>
- MALOPLOŠNÁ ZVCHÚ. Prohlížečí služba WMS – Maloplošná zvláště chráněná území [online]. [cit. 7. 8. 2020]. Dostupné z: <https://gis.nature.cz/arcgis/rest/services/Aplikace/Opendata/MapServer>
- MICROSOFT CORPORATION (2019): *Microsoft Excel*. Dostupné z: <https://office.microsoft.com/excel>
- MŽP (2020): Povodňový plán České republiky [online]. [cit. 20. 4. 2020]. Dostupné z: <http://dpper.cz/>
- ORTOFOTO ČR. Prohlížečí služba WMS – Ortofoto ČR [online]. [cit. 18. 4. 2020]. Dostupné z: https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx
- PŮDNÍ MAPA 1 : 50 000. In: Geovědní mapy 1 : 50 000 [online]. [cit. 18. 4. 2020]. Dostupné z: <http://mapy.geology.cz/pudy/>
- ZÁKLADNÍ MAPA ČR. Prohlížečí služba WMS – Základní mapa ČR 1 : 50 000 [online]. [cit. 8. 4. 2020]. Dostupné z: https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM50_PUB/WMSservice.aspx

PŘÍLOHY

Příloha 1. Vysvětlení zkratk všech druhů zaznamenaných při terénním sběru dat v zájmovém území.

AcerPlat <i>Acer platanoides</i> (javor mléč)	DactGlom <i>Dactylis glomerata</i> (srha laločnatá)
AcerPseu <i>Acer pseudoplatanus</i> (javor klen)	EquiArve <i>Equisetum arvense</i> (přeslička rolní)
AdoxMosc <i>Adoxa moschatellina</i> L. (pižmovka mošusovitá)	ErigAnnu <i>Erigeron annuus</i> (turan roční pravý)
AegoPoda <i>Aegopodium podagraria</i> (bršlice kozí noha)	ErigCana <i>Erigeron canadensis</i> (turanka kanadská)
AchiMill <i>Achillea millefolium</i> (řebříček obecný)	EuphCypa <i>Euphorbia cyparissias</i> (pryšec chvojka)
AlnuGlut <i>Alnus glutinosa</i> (olše lepkavá)	EuphDulc <i>Euphorbia dulcis</i> (pryšec sladký)
AlopPrat <i>Alopecurus pratensis</i> (psárka luční)	FestGiga <i>Festuca gigantea</i> (kostřava obrovská)
AnthSylv <i>Anthriscus sylvestris</i> (kerblik lesní)	FicaVern <i>Ficaria verna</i> (orsej jarní)
ArctLapp <i>Arctium lappa</i> (lopuch větší)	FiliUlma <i>Filipendula ulmaria</i> (tužebník jilmový)
ArctTome <i>Arctium tomentosum</i> (lopuch plstnatý)	FraxExce <i>Fraxinus excelsior</i> (jasan ztepilý)
ArteVulg <i>Artemisia vulgaris</i> (pelyněk černobýl)	GaleTetr <i>Galeopsis tetrahit</i> (konopice polní)
BetuPend <i>Betula pendula</i> (bříza bělokorá)	GaliApar <i>Galium aparine</i> (svízel přitula)
CalaEpig <i>Calamagrostis epigejos</i> (třtina křovištní)	GaliMoll <i>Gallium mollugo</i> (svízel povázka)
CalySepi <i>Calystegia sepium</i> (opletník plotní)	GaliVern <i>Gallium verum</i> (svízel syříš'ový)
CardAcan <i>Carduus acanthoides</i> (bodlák obecný)	GeraPrat <i>Geranium pratense</i> (kakost luční)
CareAcut <i>Carex acuta</i> (ostřice štíhlá)	GeumUrba <i>Geum urbanum</i> (kuklík městský)
CareLimo <i>Carex limosa</i> (ostřice bažinná)	GlechHede <i>Glechoma hederacea</i> (popenec obecný)
CirsArve <i>Cirsium arvense</i> (pcháč rolní)	HumuLupu <i>Humulus lupulus</i> (chmel otáčivý)
CirsVulg <i>Cirsium vulgare</i> (pcháč obecný)	HypePerf <i>Hypericum perforatum</i> (třezalka tečkovaná)
CratMono <i>Crataegus monogyna</i> (hloh jednosemenný)	ChaeTemu <i>Chaerophyllum temulum</i> (krabilice mámivá)
CrucLaev <i>Cruciata laevipes</i> (svízelka chlupatá)	ChelMaju <i>Chelidonium majus</i> (vlaštovičník větší)

ImpaGlan
Impatiens glandulifera (netýkavka žláznatá)

JuncEffu
Juncus effusus (sítina rozkladitá)

LamiAlbu
Lamium album (hluchavka bílá)

LamiPurp
Lamium prupureum (hluchavka nachová)

LoliPere
Lolium perene (jilek vytrvalý)

LysiNumm
Lysimachia nummularia (vrbina penízková)

LysiVulg
Lysimachia vulgaris (vrbina obecná)

LythSali
Lythrum salicaria (kyprej vrstice)

MyosAqua
Myosoton aquatica (křehkýš vodní)

PhalArun
Phalaris arundinacea (chrstice rákosovitá)

PhlePrat
Phleum pratense (bojínek luční)

PinuSylv
Pinus sylvestris (borovice lesní)

PoaNemo
Poa nemoralis (lipnice hajní)

PoaPrat
Poa pratensis (lipnice luční)

PoaTriv
Poa trivialis (lipnice obecná)

PopuCana
Populus x canadensis (topol kanadský)

PrunAviu
Prunus avium (třešeň ptačí)

PrunPadu
Prunus padus (střemcha obecná)

QuerPetr
Quercus petraea (dub zimní)

QuerPube
Quercus pubescens (dub pýřitý)

ReynJapo
Reynoutria japonica (křídlatka japonská)

RobiPseu
Robinia pseudacacia (trnovník akát)

RoriAmph
Rorippa amphibia (rukev obojživelná)

RosaCani
Rosa canina (růže šípková)

RubuIdae
Rubus idaeus (ostružiník maliník)

RubuPlic
Rubus plicatus (ostružiník řasnatý)

RumeAcet
Rumex acetosa (šťovík kyselý)

SaliAlba
Salix alba (vrba bílá)

SaliCapr
Salix caprea (vrba jíva)

SaliFrag
Salix fragilis (vrba křehká)

SaliPent
Salix pentandra (vrba pětimužná)

SambNigr
Sambucus nigra (bez černý)

SapoOffi
Saponaria officinalis (mydlice lékařská)

ScroNodo
Scrophularia nodosa (krtičník hlíznatý)

SileLati
Silene latifolia (silenka širolistá bílá)

SoliCana
Solidago canadensis (zlatobýl kanadský)

SoliGiga
Solidago gigantea (zlatobýl obrovský)

StacSylv
Stachys sylvatica (čistec lesní)

SympOffi
Symphytum officinale (kostival lékařský)

TanaVulg
Tanacetum vulgare (vratič obecný)

UrtiDioi
Urtica dioica (kopřiva dvoudomá)

VerbNigr
Verbascum nigrum (divizna černá)

VeroHede
Veronica hederifolia (rozrazil břechťanolistý)

ViciCrac
Vicia cracca (vikev ptačí)